

新 創 見 創

学校法人 長崎総合科学大学
大学院 新技術創成研究所 所報

第 14 号

2019年 3 月

Institute for Innovative Science and Technology

Nagasaki Institute of Applied Science

巻 頭 言

「環境エネルギー」と 「新技術創成研究所」

長崎総合科学大学 新技術創成研究所
特命教授

村 上 信 明



新技術創成研究所の学術研究員、特命教授を拝命して既に9年である。主に再生可能エネルギーであるバイオマスの利活用を研究テーマとしている。所属の学生さんがいないので、自分で実験をすることも多い。かつて学部・大学院の教員だったときに卒業論文、修士論文として学生さん達に研究課題としていたものの延長・変形である。少量の木質や草本のサンプルを微粉碎し、その熱特性を分析装置で評価する。1回の実験は1時間ほどであるが、10mg程度の微量のサンプル重量が、温度上昇とともにその特有の性質に従って徐々に減少していく。木や草の炭素分がガス化剤（水蒸気やCO₂）と反応し気体になって重量低下を惹起している訳である。再現性の高い手法であるから、同じ条件同じサンプルであれば、殆ど同一の結果が得られる。そのカーブをディスプレイ画面上で雑念なく眺めていると、測定機器の中の見えない微小なサンプルの様子が脳裡に鮮明に浮かぶ。その減少曲線の法則性を探求することが技術者の責務であろうが、それ以前の表現しがたい自然科学現象に対する感動のようなものも確かにある。しかし感動と基礎科学だけでは、世の中は変わらない。新技術創成研究所設立を主導された山邊元学長は以前より「確かな産業を興す為の基礎科学の重要性」を強調されているが、やはり新技術・新製品、新たな産業につなげる努力と仕組みも重要である。

さて、新技術創成研究所の創設は2002年であり、小職が研究所所属の教員としてお世話になった年でもある。それまでの勤務先は重機械メーカーの、会社資金のみで研究費を賄う基礎研究所であった。その責任者になった年が丁度研究所設立10年目に当っており、今までの成果の総括を求められた。少なからぬ年間予算が10年続けば、ただならぬ額になる。研究所が今後も必要と思うならその根拠を示せという事である。当然な要求ではあるが基礎研究の成果を具体的定量的な数値として評価することは難しい。受注への貢献、コア技術の深化、若手人材の育成等々、説明内容に腐心したのが昨日のことようでもある。

新技術創成研究所の事業として、「環境エネルギーの創成と高度利用技術に関する研究」が文部科学省学術フロンティア推進事業に採択されたのはその翌2003年である。現在「持続可能社会」は21世紀の人類が希求すべきテーマとして広く認識されているが、環境エネルギーの創成・利活用はその基盤となるものである。

以来、新技術創成研究所は本学の先端技術の教育・研究の中核として幅広い分野で活発な活動を繰り広げてこられた。今年が設立17年目になる。先述の「研究所の成果」という観点からすれば、「環境エネルギー」および「緑の知」プロジェクトをはじめとする先端研究の遂行・成果の発信、若手人材（学部生、大学院生）の育成、「東長崎エコタウン構想」など地域との連携、委託・共同研究、知

財活動（本学出願40余件の多くが新技術創成研究所発信）の推進、公開講演会による啓蒙など、学内外と連携したこれらの成果は、今後に引き継いでいかれるべき財産であろう。今も若い先生方、学生さんが、学術フロンティアセンターで実験に励まれ、また活発に往来されている。新技術創成研究所が今後とも、充実した活動を継続され発展されることを期待してやまない。

最後に「環境エネルギー」問題について一言したい。現在「再生可能エネルギー」の利活用を中心に世界中で鋭意とり組まれ、実績も急速に上がってきている。ただ長年この分野の実験研究に従事してきた経験からしても、50年後、100年後のエネルギーの状況を想定することはなかなか困難である。また厳しめの視点からすれば、本分野の研究テーマは、外目には百花繚乱のように見えるかもしれないが、結局は実を結ばず、次世代に繋がらないのではと一瞥して思われるものが過去に多く、今も散見される。「持続可能社会」が単なる麗しい標語に終ることなく、次世代、また更にその先の世代の人々が享受できる研究の実をあげる事が肝要であり、そのためにも我が国の特に若い技術者が日頃より見識をもって勉励されることを、併せて期待するものである。

目 次

巻頭言

I 技術論文

メタン／各種BDFによるデュアルフューエル方式のディーゼル機関の運転特性への影響

松田 啓希, 鶴田 凌, 山田 敦士, 平子 廉 …………… 1

水/BDFによるエマルジョン燃料の製造とディーゼル機関の排気ガス特性への影響

山本 瑤平, 荻野 弘輝, 平子 廉 …………… 7

草本系バイオマスの水蒸気ガス化における生成ガス成分の挙動

中道 隆広, 村上 信明 …………… 13

回転運動及びピストン運動を用いたカテーテル型凝血塊破碎吸引装置の破碎性能の検討

池 浩司, 川添 薫 …………… 19

ワイアレスセンサシステム向け低電力近距離無線給電の一検討

木場 大樹, 清山 浩司 …………… 25

一枚平板を対象に振動エネルギー最小化を目指した制振材の適正配置に関する研究

黒田 勝彦 …………… 33

造船工程計画のための新技術RCPSP法について

梶原 宏之 …………… 39

II 研究活動報告

1. 研究部門・研究センター活動報告 …………… 45
2. 戦略的研究予算報告書 …………… 62
3. 講演会・セミナー開催状況 …………… 80
 - 第16回新技術創成研究所公開講演会報告 …………… 80
4. 研究所員の研究活動状況 …………… 82

CONTENTS OF TECHNICAL PAPER

Study on the Application of Methane and Bio-diesel Fuels to Dual Fuel-type Diesel Engine MATSUDA Hiroki, TSURUTA Ryo, YAMADA Atsushi, HIRAKO Osamu	1
Production of Emulsion Fuel by Water /BDF and Effect of Diesel Engine Exhaust Gas Properties YAMAMOTO Yohei, OGINO Hiroteru, HIRAKO Osamu	7
Gas composition of steam gasified herbaceous biomass NAKAMICHI Takahiro and MURAKAMI Nobuaki	13
Evaluation of crushing performance of the blood coagulum crushing suction catheter using rotation motion and piston motion IKE Kohji and KAWAZOE Kaoru	19
A study on Low-Power Near-Field Wireless Powering for Wireless Sensor Systems KOBAYASHI Hiroki and KIYOSAKI Koji	25
Study on Proper Arrangement of Damping Material Aiming at Minimizing Vibration Energy for a Flat Plate KURODA Katsuhiko	33
RCPSM methodology as a new technology for shipbuilding-process scheduling Hiroyuki Kajiwara	39

メタン/各種 BDF によるデュアルフューエル方式の ディーゼル機関の運転特性への影響

松田 啓希*¹, 鶴田 凌*², 山田 敦士*², 平子 廉*³

Study on the Application of Methane and Bio-diesel Fuels to Dual Fuel-type Diesel Engine

MATSUDA Hiroki, TSURUTA Ryo, YAMADA Atsushi, HIRAKO Osamu

We investigated the effect of BDF characteristics improvement to reduce NOx and smoke when methane and BDF dual fuel were applied to a direct injection type diesel engine. It was clarified that BDF characteristics improvement is effective to reduce NOx and smoke by the use as a dual fuel.

1. 緒言

近年、一次エネルギーの消費量拡大に伴う化石資源の枯渇や CO₂ 排出による地球温暖化、環境汚染が問題視される中、化石燃料の代替である再生可能エネルギーが注目されており、中でもバイオマスエネルギーは上記の問題解決の手段の一つとして特に注目されている。バイオマスの一つである廃食油から製造されるバイオディーゼル燃料 (BDF) が、既存のディーゼル機関へ適用可能であることや¹⁾、物性改良により排気特性の改善が可能であることは周知である²⁾。一方、バイオガスの主成分であるメタンガスについては軽油とのデュアルフューエルによるディーゼル機関への適用についての研究例は多いが³⁾、メタンと BDF とのデュアルフューエルについての研究例は少ない⁴⁾。本研究では、メタンと各種 BDF とのデュアルフューエルを実際にディーゼル機関に用いた際、BDF 燃料物性の改良が直噴式ディーゼル機関の運転特性や排気ガス特性へ与える影響について検討を行った。

2. バイオディーゼル燃料

2.1 BDF, バイオガスの特徴

BDF やバイオガスはバイオマスエネルギーの一つである。図 1 に燃料製造時のエネルギー消費と温室効果ガス排出量を示す。バイオ燃料は地球温暖化に有効である一方、製造時に従来の化石燃料に比べエネルギー消費量が大きく、原料や製法がその効果に影響を与えている。図より BDF、なかでも廃食油から製造した BDF は温室効果ガスの排出、製造時のエネルギー消費量ともに優れた特性であることや、バイオガスは CO₂ 削減効果は期待できるが、製造時のエネルギー消費が大きいことが確認できる。

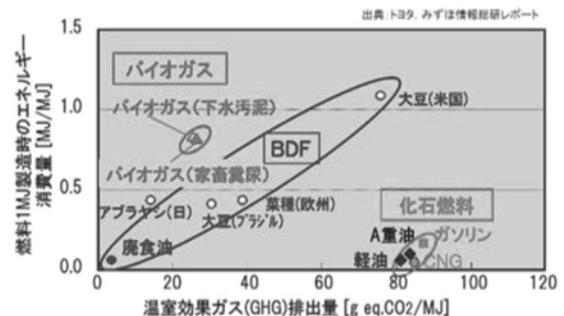


図 1 燃料製造時のエネルギー消費と GHG 排出量

*¹ 長崎総合科学大学 大学院 工学研究科 生産技術学専攻

*² 長崎総合科学大学 工学部 工学科 機械工学コース

*³ 長崎総合科学大学 大学院 工学研究科 教授

2.2 M-BDF と E-BDF

通常、BDFは植物油とメタノールを用いてエステル交換を行い製造した脂肪酸メチルエステルであるが、本研究では完全バイオ化を図るため植物由来を前提としたエタノールを用いて製造したBDFの研究も行っており、それらを区別するため、メタノールを用いて製造したものをM-BDF、エタノールを用いて製造したものをE-BDFと定義する。図2にそれぞれの化学式を示す。

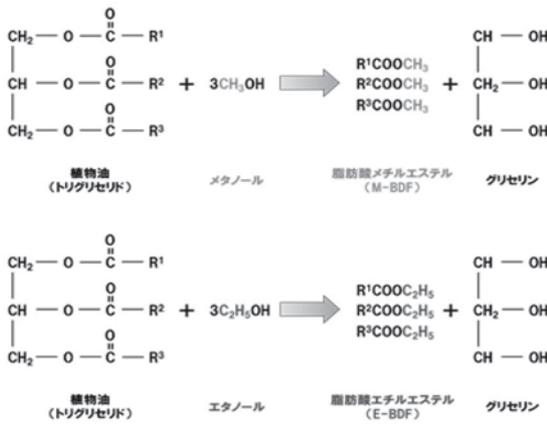


図2 M-BDF と E-BDF の化学式

2.3 E-BDF の製造方法

バイオディーゼル燃料の製造には様々な方法があるが、本研究では一般的に用いられるアルカリ均一触媒法を用いた。E-BDFの製造過程を図3に示す。中和や洗浄をしている際にBDFが白く濁る鹸化反応が多度起きてしまった。そこで、エトキシドを作る際に必要なアルカリ触媒の量や、反応の時間を調整することで、製造条件を最適化し、E-BDFの製造において安定した収率を得ることができた。

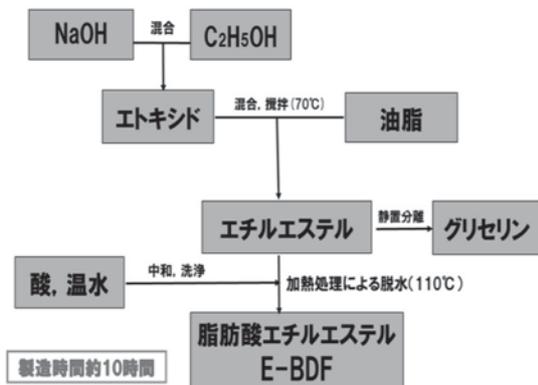


図3 E-BDF 製造工程

2.4 燃料物性の改良

2.4.1 減圧蒸留

減圧蒸留とは、減圧による沸点降下を利用して低温度で沸騰させ、沸点の異なる物質を分離する方法である。この方法を用いることで、粗脂肪酸エステルから燃焼の妨げとなる高沸点成分を取り除き、高純度の脂肪酸エステルを得ることができる。図4に本学で使用した減圧蒸留実験装置を示す。

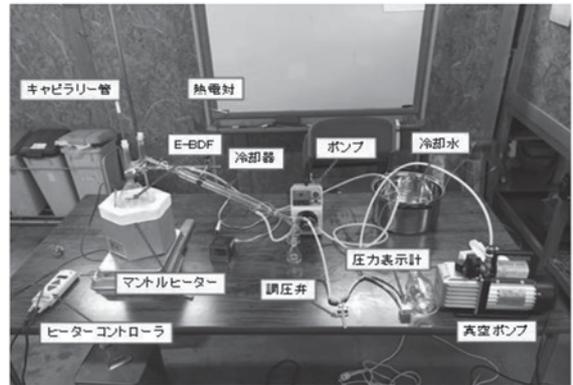


図4 減圧蒸留実験装置

2.4.2 アルコール添加

アルコール単独ではディーゼル燃料として使用できないが、製造したBDFに一定量のアルコールを添加剤として加えることで、動粘度の低下や低温流動性の向上といった改善が期待できる。本研究では添加剤としてメタノール及びエタノールを使用した。

3. BDF の燃料物性

表1 供試燃料

供試燃料	原料油脂	アルコール	備考
軽油	—	—	
廃油M-BDF	廃油	メタノール	
廃油M-BDF メタノール(3vo%)	廃油	メタノール	メタノール添加
廃油M-BDF メタノール(5vo%)	廃油	メタノール	メタノール添加
廃油M-BDF メタノール(10vo%)	廃油	メタノール	メタノール添加
改良M-BDF	廃油	メタノール	減圧蒸留
廃油E-BDF	廃油	エタノール	
廃油E-BDF エタノール(5vo%)	廃油	エタノール	エタノール添加
廃油E-BDF エタノール(10vo%)	廃油	エタノール	エタノール添加
改良E-BDF	廃油	エタノール	減圧蒸留

本研究では、廃食油とエタノールから製造した廃油 E-BDF, (株)村里運輸様から提供していただいた廃食油とメタノールで製造した廃油 M-BDF, 燃料物性の改良として BDF にアルコールを添加したものや減圧蒸留を施したものの計 9 種類の BDF をエンジン試験の燃料として供試した。また比較燃料として軽油を供試した。供試燃料を表 1 に示す。これら BDF を燃料としての使用するにあたり, エンジン燃料特性として動粘度, 示差熱分析, 発熱量, 低温特性 (曇り点, 流動点) の調査を行った。

3.1 動粘度

動粘度は, 燃料噴射ノズルから噴射される燃料の微粒化に影響を与える重要な指標の一つである。10℃~60℃における各種燃料の動粘度の計測結果を図 5 に示す。軽油に比べ各種 BDF とも高い値を示し, また, E-BDF に比べ M-BDF の方がより低い値を示した。減圧蒸留やアルコール添加により燃料物性の改良を施した BDF は廃油 BDF よりも値が低下しており, 京都規格に定められた 40℃で 3.5~5.0mm²/s を十分に満たす値であることから, 動粘度については廃食油を使用して BDF の製造を行った場合でも, 燃料物性の改良を施すことで動粘度特性の改善が可能であることが確認できた。

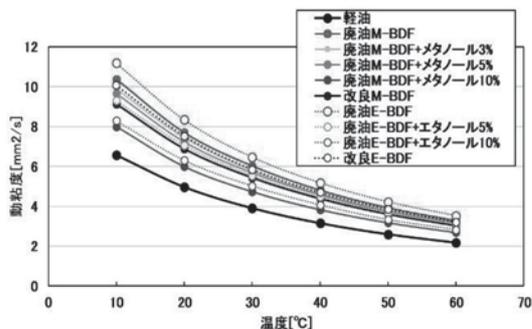


図 5 動粘度比較

3.2 示差熱分析

燃料の燃えやすさの指標となる示差熱分析結果を図 6 に示す。測定には RIGAKU 製の Thermo Plus を使用した。燃料の揮発による重量減少率を比較すると, 各種 BDF は軽油と比較して高温側へシフトした。アルコールを添加した BDF や減圧蒸留を施した改良 BDF は僅かに低温側にシフトしており, 物性改良によって燃焼しやすい特性を示した。

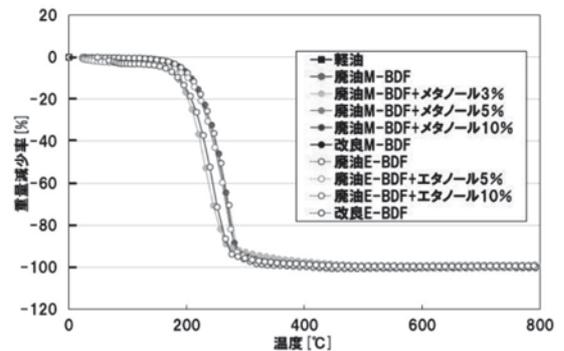


図 6 重量減少率比較

3.3 発熱量

燃料が保有するエネルギーの指標となる発熱量の測定には吉田製作所製熱量測定装置-J を使用した。各燃料の低位発熱量を図 7 に示す。アルコールを添加した BDF については廃油 BDF とアルコールの発熱量から算出した値を用いた。廃油 M-BDF と廃油 E-BDF はほぼ同等の値を示し, 軽油に比べ約 15%程度低い値を示した。アルコールを添加した BDF はアルコールの発熱量が低いため, 添加比率が大きくなるに伴い低下した。

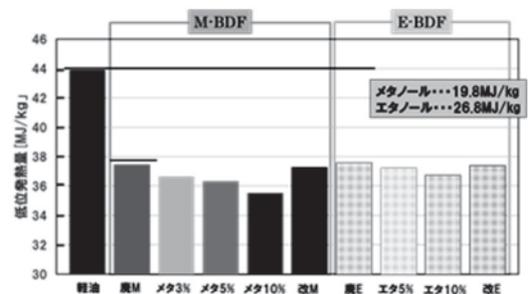


図 7 低位発熱量

3.4 低温特性 (曇り点, 流動点)

各種燃料の曇り点および流動点の計測結果を図 8 に示す。M-BDF と E-BDF ではほぼ同じ特性を示した。また, 燃料物性の改良を施した BDF の中では減圧蒸留した改良 BDF が最も低い値となった。アルコール添加した BDF については, アルコールの凝固点が高いためアルコール添加比率が大きくなるほど曇り点は低くなる特性を示した。

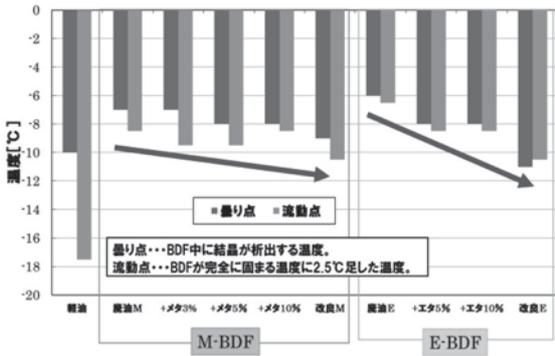


図8 低温特性(曇り点, 流動点)比較

4. エンジン燃焼試験

物性試験を行った10種類の燃料をエンジン燃焼試験に供試した。供試機関は排気量306cc, 最大発電出力3.4kW, 定格回数3600rpmのヤンマー製直噴式ディーゼル発電機を使用した。デュアルフューエル方式(DFS)とするため, 供試機関にはメタンと吸気をあらかじめ混合し, エンジンの燃焼室内に供給するための簡単なベンチュリーをエンジンの吸気系に取り付けた。また, 軽油やBDFといった液体燃料は燃料噴射弁から直接燃焼室内へ供給している。試験システムの概略図を図9に示す。ここでは, 機関負荷1.15kW, 2.3kW, 3.45kWの一定の条件で供給メタンガス流量を変更し, 運転特性や排気ガス特性の測定を行った。

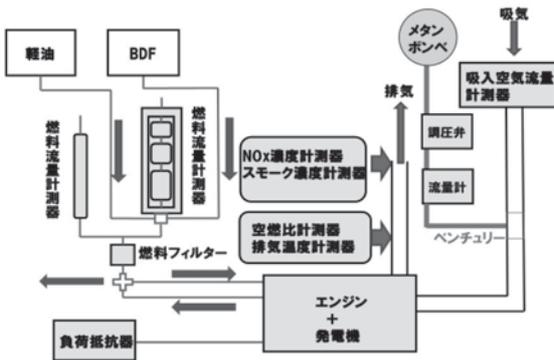


図9 試験システムの概略図

4.1 アルコール濃度の影響

図10にメタノール濃度の影響, 図11にエタノール濃度の影響を示す。メタノール濃度10%については, エンジンのアイドリングが不安定になり危険と判断したためエンジン燃焼試験を中断した。アルコールをある程度

添加することで燃焼温度の低下により NOx 排出量の低減は見込めるが, スモーク濃度は上昇した。以降の運転特性・排気ガス特性のグラフはメタノール濃度3%, エタノール濃度5%を採用しまとめている。

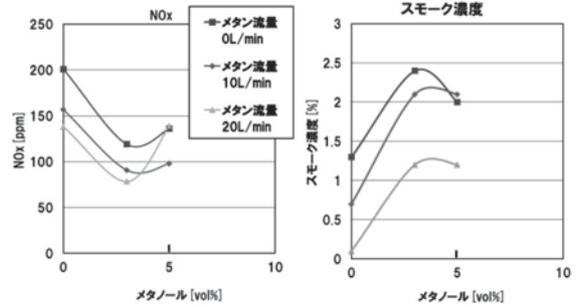


図10 メタノール濃度の影響

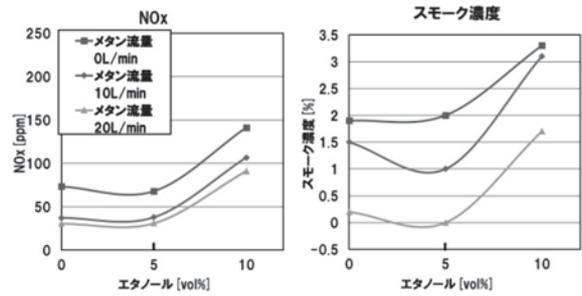


図11 エタノール濃度の影響

4.2 メタン変換率と液体燃料噴射量

図12に供給メタン流量に対する液体燃料噴射量とメタン変換率を示す。メタン変換率は, エンジンを負荷一定の条件下で運転し, メタン流量0L/minのメタンを含まない液体燃料100%の燃焼の状態からメタン流量を増大した時, 液体燃料に対してメタンに置き換わって減少した液体燃料の比率として定義した。各種燃料はメタン流量25L/minで80%前後まで変換できることが示された。軽油と比較し, 各種BDFはほぼ同等の特性を示していることから, メタンとのDFSにおいてBDFを直噴式ディーゼル機関の液体燃料として使用が可能であることが分かった。また, メタン流量が増えることで上昇するエンジン出力を一定に保つために, メタン流量の増加に伴い液体燃料の噴射量は低下している。

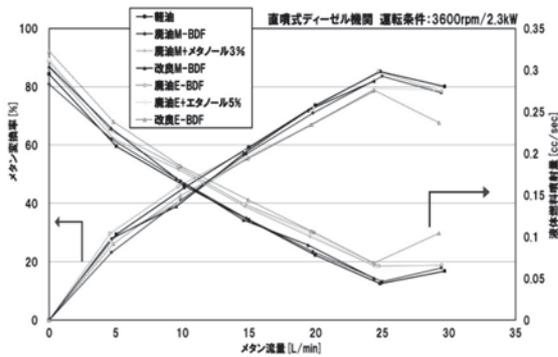


図 12 メタン変換率・液体燃料噴射量

4.3 スモーク濃度

図 13 に各種燃料のメタン流量に対するスモーク濃度を示す。各種燃料ともメタン変換率約 80%まではメタン流量増加に伴い徐々に減少する傾向を示したが、これはメタン流量の増大に伴い燃焼の主体がディーゼル燃焼から予混合均一燃焼に移行するためと考えられる。また、メタン変換率が 80%を超えると上昇しているが、これはメタン流量の増大に伴い、着火燃料の液体燃料の噴射量が減少し、燃焼が不安定になることによると推察される。軽油と比較すると各種 BDF はメタン流量が少ない時は軽油よりも低下したが、DFS によりその差は縮まることが示されている。エタノールを添加した E-BDF、減圧蒸留を施した E-BDF はともに僅かにスモークの値が改善されており、燃料物性の有効性を確認した。

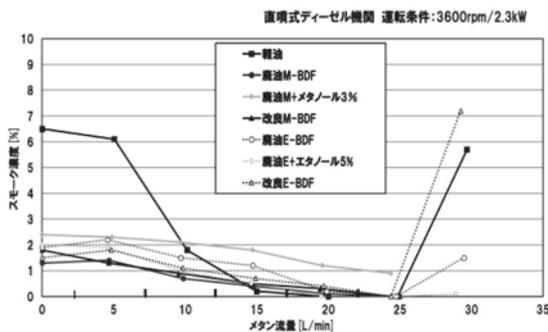


図 13 スモーク濃度

4.4 NOx 排出量

図 14 に各種燃料のメタン流量に対する NOx 排出量を示す。NOx 排出量はスモーク濃度と同様に燃焼の主体が移行するためメタン変換率約 80%まではメタン流量増加に伴い徐々に減少する傾向を示した。各種 BDF

は軽油と比較して高い傾向を示している。また M-BDF、E-BDF とも減圧蒸留を施した改良 BDF の低減効果は認められなかったが、アルコールの添加により NOx 排出量は大幅に低減し、軽油とほぼ同じレベルまで改善出来た。

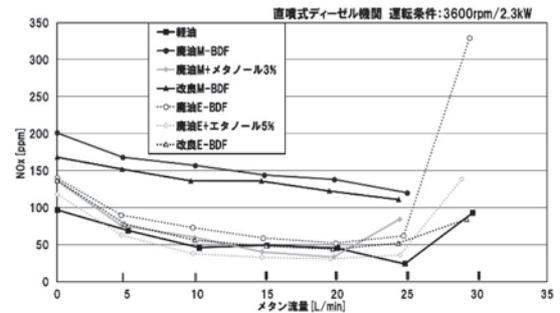


図 14 NOx 排出量

4.5 燃料消費率と正味熱効率

図 15 に各種燃料の燃料消費率を示す。メタン流量の増加に伴いメタンが主燃料に移行するため各種液体燃料の燃料消費率は減少する傾向を示している。また、各種 BDF は軽油よりも発熱量が低いため燃料の消費率は高くなっており、低発熱量のアルコール添加によりさらに高くなる特性を示している。

図 16 に各種燃料の正味熱効率を示す。メタン流量の増加に伴い各種燃料の熱効率は低下する傾向を示しており、メタンの増加により燃焼に必要な空気量が減少したことが要因として考えられる。また、各種 BDF は軽油と比べてほぼ同じ値を示しており、ディーゼル機関への適用が可能であることが示されている。

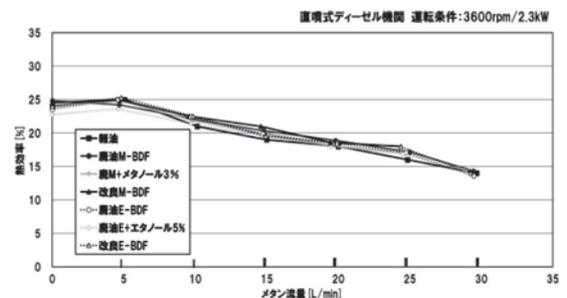


図 15 燃料消費率

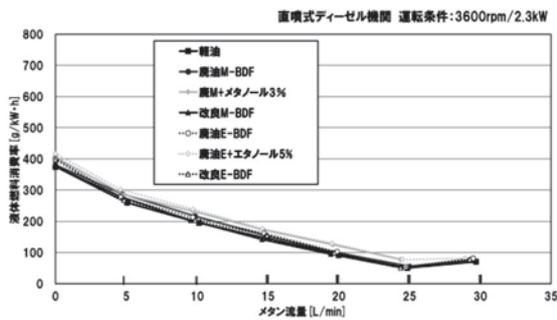


図 16 正味熱効率

5. まとめ

- 1) BDFの製造は通常、化石燃料由来であるメタノールを使用して行なわれているが、植物由来を前提としたエタノールを使用してもBDFの製造が可能であり、これによってBDFの完全バイオ化が可能となる。
- 2) 廃食油から製造したBDFについて、減圧蒸留とアルコール添加の2種類の燃料物性の改良を実施し、動粘度や示差熱分析による燃料の揮発温度や発熱量、低温流動性も僅かに改善され、ディーゼル燃料としての基本的性質の改良が認められた。
- 3) 直噴式ディーゼル機関にバイガスの主成分であるメタンとBDFのデュアルフューエルを適用した場合、BDFは軽油と同様に約80%までメタンガスに変換は可能であり、軽油の代替としてBDFは有効な燃料となることを示した。またDFSによるメタン流量の増加に伴い不均一のディーゼル燃焼からメタンによる予混合均一燃料へ燃焼の主体が移行することでスモーク濃度、NO_x排出量が低減され、デュアルフューエルの有効性が示された。
- 4) アルコール添加濃度がスモーク濃度とNO_x排出量について与える影響については、アルコール添加濃度には最適値があり、メタノール3%添加、エタノール5%添加が最適値となった。
- 5) 減圧蒸留による燃料物性の改良がスモーク濃度とNO_x排出量について与える影響については、M-BDFに関してはNO_x排出量の値は改善されたが、スモーク濃度の改善は認められなかった。E-BDFに関しては両排気ガス特性とも僅かに低減の効果が認められた。

- 6) スモーク濃度とNO_x排出量の両排気ガス低減に対して、燃料物性の改良の両手法ともDFS以上の有効性は認められなかった。

参考文献

- 1) 峯, 唐田, 古賀, 平子, 「各種廃食油とエタノールから製造したバイオディーゼル燃料の物性と燃焼特性」, 長総大新技術創成研究所所報, 第10号, 2015, pp7-14.
- 2) 峯, 横山, 中野, 吉田, 平子, 「減圧蒸留によるBDFの燃料物性改良とディーゼル機関の排気特性に与える影響」, 長総大新技術創成研究所所報, 第11号, 2016, pp7-12.
- 3) 沢田, 塩路ほか, 「ディーゼル発電機によるバイオガス有効利用に関する研究」, 日本機械学会2015年度年次大会講演会論文集, G0700301(2015.9).
- 4) 横山, 松田, 山中, 平子, 「バイオガスとのデュアルフューエルにおける各種BDFのディーゼル機関への影響」, 日本機械学会九州支部第70期総会講演会論文集, 201(2017.3.14).

水/BDFによるエマルジョン燃料の製造と ディーゼル機関の排気ガス特性への影響

山本 瑠平*1, 荻野 弘輝*2, 平子 廉*3

Production of Emulsion Fuel by Water /BDF and Effect of Diesel Engine Exhaust Gas Properties

YAMAMOTO Yohei, OGINO Hiroteru, HIRAKO Osamu

Water/light oil emulsion fuel is one of effective technology to reduce both NO_x and smoke of diesel engine exhaust gas. We focused on emulsion fuel by water/BDF to reduce CO₂. We adjusted an HLB level of the surfactant to 6 to produce W/O type water/BDF emulsion fuel which was most suitable for a diesel engine and, with the stirring wing which had high shear power, was able to produce emulsion fuel by stirring it. It was clarified that both NO_x and smoke decreased with increase in water content to light oil and BDF by engine examination.

1. 緒言

地球温暖化の対応策の一つとして化石燃料代替の再生可能エネルギーが注目されており、中でもバイオディーゼル燃料（以下 BDF）はカーボンニュートラルの特性を持つことから CO₂の削減に大きな効果を持つと言われていた。だが BDF は含酸素燃料であるため、燃焼が促進され、シリンダ内が高温となり NO_x を生成しやすい。そこでシリンダ内の燃焼温度が低下し、NO_x 排出量低減が期待できることのできるエマルジョン燃料に着目した。エマルジョン燃料についての研究は軽油や重油などの化石燃料に使用した例は多々あるが¹⁾⁴⁾、BDF に使用した例は少ない。本研究では水/BDF のエマルジョン燃料と比較対象として、軽油エマルジョン燃料を製造し、それらの燃料物性がディーゼル機関への排気ガスに与える影響について研究を行う。

油（トリグリセリド）とメタノールを用いてエステル交換反応を行い製造した脂肪酸メチルエステルを BDF と呼ぶ。一般的には植物油は廃食油が用いられる。植物油は、光合成により大気中の CO₂ 吸収し成長するため、成長した植物から製造した燃料を燃やした際に発生する CO₂ は成長時に吸収した CO₂ であるため、カーボンニュートラルの特性を有り、地球温暖化の原因である CO₂ 排出削減が期待できる。図 1 に BDF の化学式を示す。

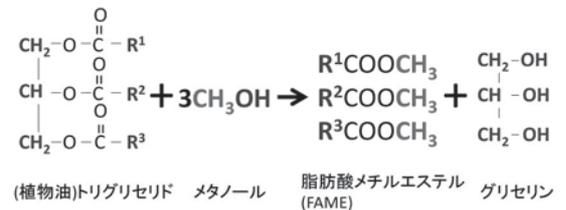


図 1 BDF の化学式

2. 供試燃料

2.1 BDF の特徴

BDF とはバイオマスエネルギーの一つである。植物

2.2 BDF の製造条件

*1 長崎総合科学大学 大学院 工学研究科 生産技術学専攻

*2 長崎総合科学大学 大学院 工学研究科 生産技術学専攻

*3 長崎総合科学大学 大学院 工学研究科 教授

水酸化カリウムや水酸化カルシウムなどのアルカリ触媒をメタノールと混合し、メトキシドを作る。これを事前に110℃で1時間ほど加熱した原料油脂と混合、攪拌させてエステル交換を行う。エステル交換反応後に静置分離し、下層にたまったグリセリンを除去する。その後、鹼化反応を抑制するために酢酸を加えて中和を行う。精製水を加えて水洗を行い、静置分離後に下層にたまった水分を除去する。これを2回行った後110℃の熱で加熱して十分な脱水を行い製造する。

本研究では村里運輸から提供していただいた、減圧蒸留済みの改良BDFを用いる。村里運輸BDFの製造プロセスを図2に示す。

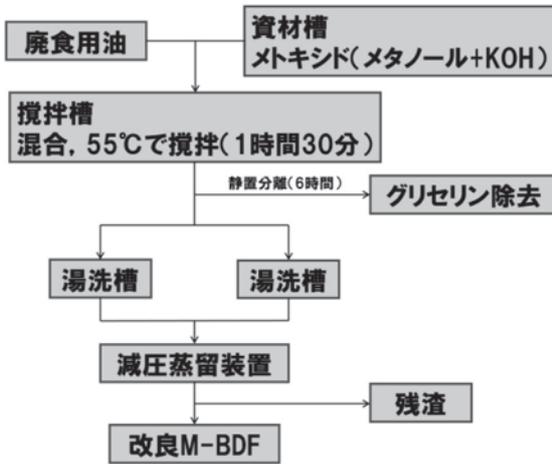


図2 村里運輸BDFの製造プロセス

2.3 エマルジョン燃料の特徴

水と油は基本的にはお互いに混じらないが、どちらかを極微小な粒子にしてどちらかに分散し、混合することをエマルジョンという。

エマルジョン燃料には、大きく分けて2つの型がある。

- ・水の中に油の滴を分散させることをO/W型
- ・油の中に水の滴を分散させることをW/O型

エマルジョン燃料は、燃料中の水の蒸発によりシリンダ内の燃焼温度を下げる効果により酸性雨や人体への影響の原因となるNOxの排出を抑制することが期待できる。また、W/O型エマルジョン燃料は燃料中に水を含んでいるため、エンジン内に噴出された燃料がシリンダ内で圧縮されたとき、水が急激に加熱されマイクロ爆発を起こし、これにより、周りを覆っている燃料が分散され燃料と空気の接触面積が大きくなり燃焼

効率が上がる特性を持つ。マイクロ爆発の概念図を図3に示す。

エンジンに使用する燃料はW/O型が最適であることから本研究ではW/O型のエマルジョン燃料に着目し製造する。

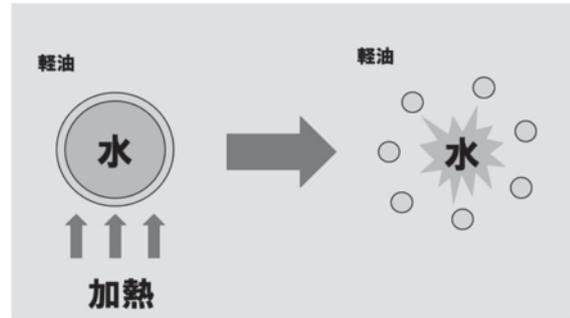


図3 ミクロ爆発概念図

2.4 界面活性剤

混ざりにくい水と油では、激しく攪拌することでエマルジョン状態を一時的に形成する。しかし、界面の張力が大きいために、液滴相互は合体して表面積を小さくしようとする作用が働き、結果として2層に分離する。

これら水と油に、親水性(hydrophile)と親油性(lipophile)の双方の性質を同時に持つ物質を添加すると、界面をつなぐ作用をしてエマルジョンの状態を安定的に保つことが出来る。このような物質を界面活性剤と呼ぶ。

界面活性剤の水や油に対する親和性を示す指標にHLB値(Hydrophile-Lipophile balance)がある。これは親水性と親油性のバランスを意味し、0~20の範囲の数値で表され、値が小さいほど親油性が高く、大きいほど親水性が高いことを示す。

2.5 エマルジョン燃料の製造

本研究では、エマルジョン燃料を機械式攪拌による方法によって製造した。エマルジョン燃料の製造結果を図4に示す。機械式攪拌方法は次の通りである。まずピーカーの中に燃料と界面活性剤を入れて、攪拌翼の中でもせん断の高い攪拌翼を使用し攪拌する。水を所定の量を添加して、約2時間攪拌(回転数3000rpm)する。

また、界面活性剤には、ソルビタンモノオレート(HLB値4.3)とポリエチレングリコールモノオレー

ト (HLB 値 11.3) をそれぞれ, 1.54%, 0.46%ずつ混合し, HLB 値が 6 になるよう調整し添加した。

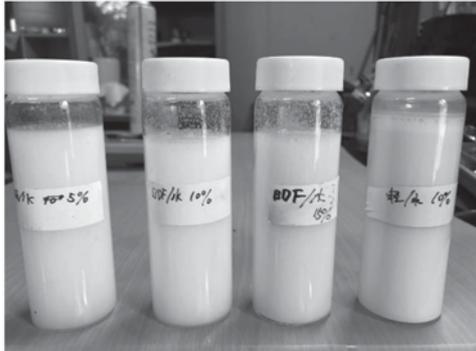
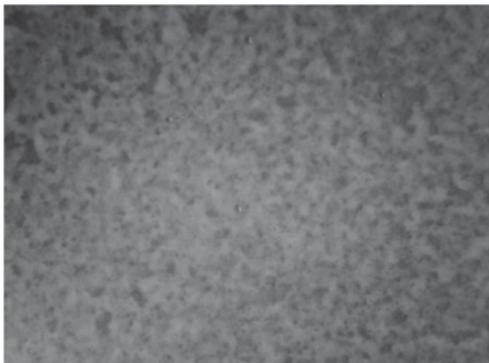


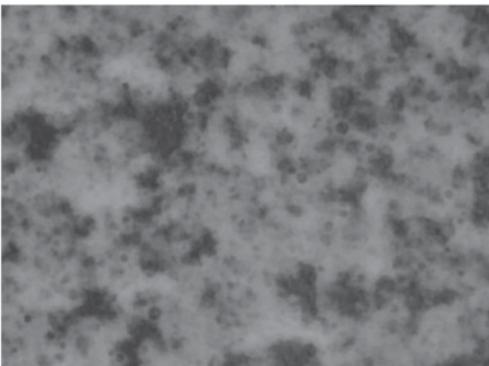
図 4 製造したエマルジョン燃料

2.6 エマルジョン燃料の粒子

製造した燃料の分離に違いがある為, 顕微鏡カメラで粒子の詳細を確認した。顕微鏡カメラで撮影した写真を図 5 に示す。軽油よりも BDF は粒子同士が密集している状況を確認できる。今後, BDF エマルジョン燃料に適した界面活性剤の選定と攪拌方法の変更が課題となる。



1) 水/軽油エマルジョン燃料 含水率 15%



2) 水/BDF エマルジョン燃料 含水率 15%

図 5 各燃料の顕微鏡写真

3. エマルジョン燃料物性

含水率 5%, 10%, 15% のエマルジョン燃料を BDF と軽油, それぞれで製造を行い, 燃料としての物性を調査するために動粘度, 示差熱分析, 発熱量の調査を行った。

3.1 動粘度

動粘度は, 燃料噴射ノズルから噴射される燃の微粒化に影響を与える重要な指標の一つである。20℃における各種燃料の動粘度の計測結果を図 6 に示す。軽油エマルジョンは含水率の増加にしたがい動粘度も増大することが確認できる。含水率 15% では改良 M-BDF より高い値を示した。水/BDF エマルジョン燃料での計測も行ったが, 計測中に分離が始まり計測不可となった。

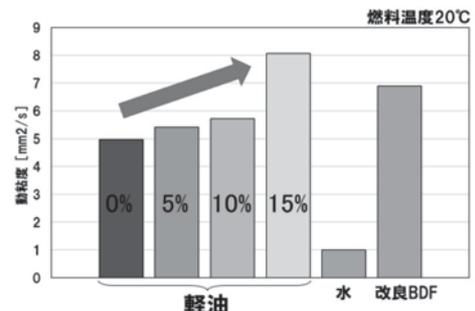


図 6 動粘度比較

3.2 示差熱分析

示差熱分析結果を図 7 に示す。示差熱分析で示される揮発による重量減少率を比較すると, 軽油エマルジョンでは含水率 5%, 10%, 15% の全てにおいて 100℃付近で水の蒸発が始まることで重量減少率が軽油より低温側にシフトしている。BDF エマルジョンでは, 含水率 15% では軽油エマルジョンと同じ傾向がみられたが, 含水率 5%, 10% では燃料が分離し界面活性剤の成分が, 揮発による重量減少特性に影響を与えたと推察する。

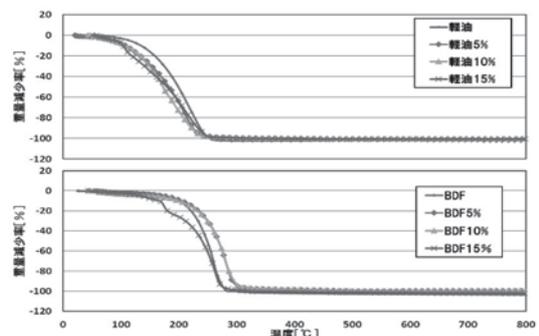


図 7 示差熱分析結果比較

3.3 発熱量

燃料が保有するエネルギーの指標となる発熱量の測定には吉田製作所製熱量測定装置-Jを使用した。通常、熱量測定装置では高位発熱量しか測定できないため、測定した高位発熱量から計算で求めた蒸発潜熱を差し引き、低位発熱量を求めた。各燃料の低位発熱量を図8に示す。燃料の含水率増加に伴い、発熱量が低下している。これは燃料の割合が減少し、かつ水の蒸発潜熱により発熱量が減少することによる。

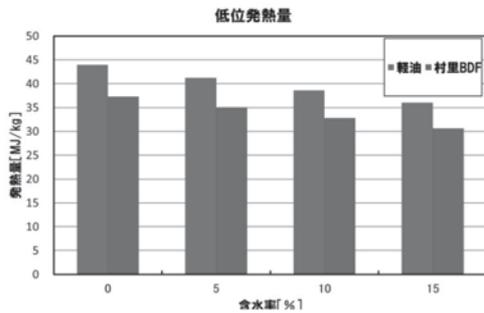


図8 低位発熱量比較

4. エンジン燃焼試験

供試機関は排気量 400cc, 最大出力 5.5kW, 定格回数 3000rpm のクボタ製渦流室式ディーゼル発電機を使用した。エマルジョン燃料の分離を防止するため、燃料タンクに攪拌機を設置し攪拌しながら供給した。また、送り込まれた燃料は一部しか使われず戻りがある為、小さなタンクを設置し、そこに振動を与えることで分離を防止している。供試燃料は軽油と BDF 共に含水率 0, 5, 10, 15% の合計 8 種で運転を行った。試験システム概念図を図9に示す。

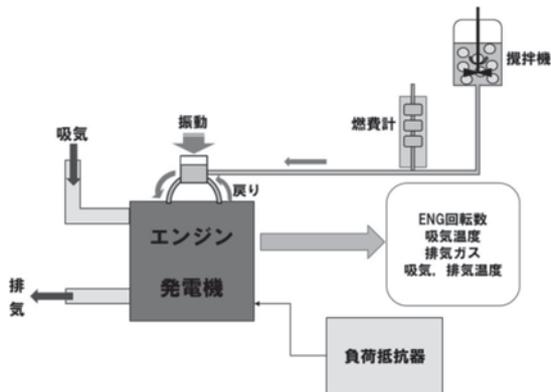


図9 試験システム概念図

4.1 NOx 排出量とスモーク濃度

含水率に対する NOx 排出量とスモーク濃度への影響をそれぞれ図10, 図11に示す。

NOx 排出量は、軽油と BDF 共に含水率の増加にともない低減する傾向を示した。NOx 排出量が低減する要因として、水を添加することで燃焼時に水の蒸発にともなう潜熱によって燃焼温度が低下することが要因であると考えられる。

スモーク濃度も、軽油と BDF 共に含水率の増加にともない低減する傾向を示した。スモーク濃度が低減する要因として、エマルジョン化により噴霧流中の最大局所空燃比が増加したこと、また水性ガス反応により炭素成分の CO ガス化を促進させたことが要因であると考えられる。

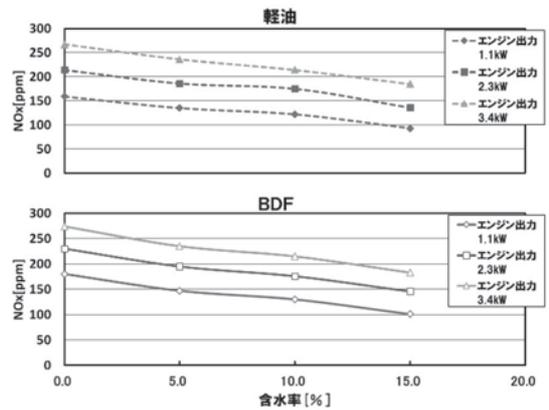


図10 NOx 排出量比較

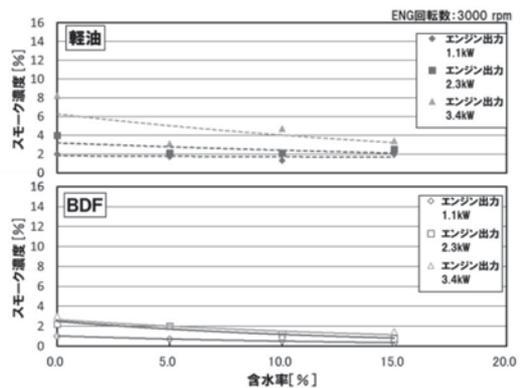


図11 スモーク濃度比較

4.2 CO 排出量

図12に含水率に対する CO 排出量への影響を示す。CO 排出量は、軽油と BDF 共に含水率の増加にともない増大する傾向を示した。CO 排出量の増大は含水の効果で燃焼温度が低下することで燃焼が悪化することによると考えられる。また、水性ガス反応によりスモ

ーク濃度は減少したが、CO が排出されるため、これが増加の要因の一つであることも考えられる。

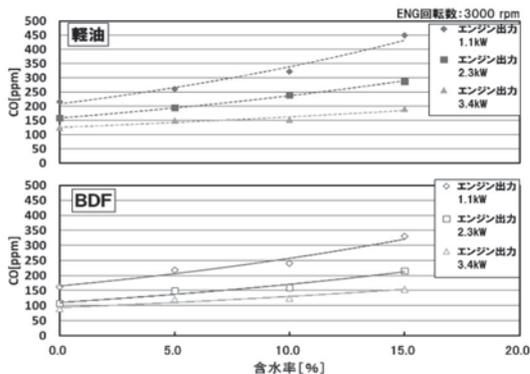


図 12 CO 排出量比較

4.3 燃料消費率と熱効率

図 13, 図 14 はそれぞれ含水率に対する燃料消費率と正味熱効率の影響を示す。燃料消費率と正味熱効率はともに含水率 5%までエマルジョン化することで向上したが、それ以上含水率を増加しても、向上効果は得られなかった。これは含水率増加毎に水の粒子が大きくなり燃焼効率が向上しなかったと推測される。

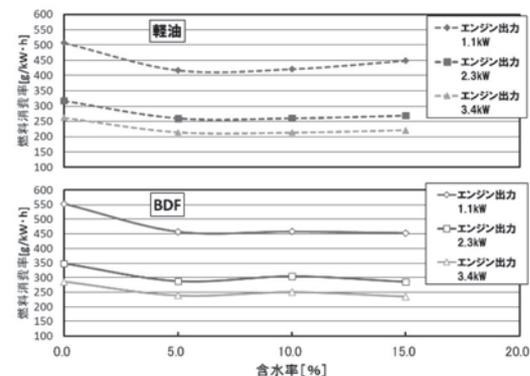


図 13 燃料消費率比較

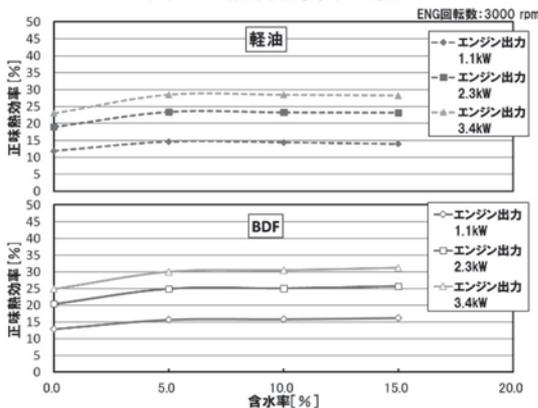


図 14 正味熱効率比較

5. まとめ

水/BDF, 水/軽油によるエマルジョン燃料の製造と物性調査, および, これらのエマルジョン燃料を渦流室式ディーゼル機関に適用した時の機関運転特性, 排ガス特性などへの影響を調査し, 以下の結果を得た。

- 1) ディーゼルエンジンに最適である W/O エマルジョン燃料を製造するために界面活性剤の HLB 値を 6 に調整し, せん断力の高い攪拌翼を使用し, 攪拌することによりエマルジョン燃料を製造することが出来た。軽油と BDF を同条件にて製造した結果, BDF エマルジョンの分離は軽油エマルジョンに比べ早くなった。
- 2) 軽油と BDF それぞれ含水率 5%, 10%, 15% のエマルジョン燃料において, 軽油の動粘度は含水率が増加するほど動粘度が高くなる傾向を示したが, BDF はエマルジョン状態が悪く計測中に分離し計測不可であった。低位発熱量はエマルジョン化により低下する。
- 3) 軽油と BDF 共に含水率の増加に伴い, NO_x 排出量とスモーク濃度は低減し, CO は増大する傾向を示した。NO_x は燃料中に含まれる水分によりシリンダ内の燃焼温度が低下したことにより減少したと考えられる。スモーク濃度は水性ガス反応により炭素と水分中の酸素が反応し, CO が形成されたことが要因の一つと考えられる。CO の排出率は上述の通り, CO が形成されたことと, 燃焼温度の低下が一要因と考えられる。
- 4) 燃料消費率と正味熱効率は含水率 5% までエマルジョン化することで向上したが, それ以上含水率を増加しても向上効果は得られなかった。
- 5) BDF をエマルジョン化することで, 軽油単独時比へ, NO_x 排出量とスモーク濃度は低減し, 燃料消費率と正味熱効率は向上し, エマルジョン化が有効であることが示された。

参考文献

- 1) 遠山, 脇, 水・軽油・エマルジョン燃料の燃費と排気, 中日本自動車短期大学論叢 第 34 号(2004)
- 2) 岩間ほか, エマルジョン燃料滴の燃焼(II), 燃料協会誌, Vol.58, No.12(1979), pp.1041-1054
- 3) 山田, エマルジョン液滴のマイクロ爆発および液滴列の燃拡がりに関する研究, 学位論文(2015.7)

- 4) 段智久, エマルジョンの基本特性とその燃焼における効果, 日本マリンエンジニアリング学会誌, Vol.51, NO.3(2016), pp.307-314
- 5) 天寅, 淵端, 軽油 - 水エマルジョン燃料中の分散水滴径がディーゼル機関の運転特性に及ぼす影響, 第 29 回内燃機関シンポジウム(2018.11.28)

草本系バイオマスの水蒸気ガス化における生成ガス成分の挙動

中道 隆広*¹・村上 信明*²

Gas composition of steam gasified herbaceous biomass

NAKAMICHI Takahiro and MURAKAMI Nobuaki

Summary

Regarding

Research on high temperature steam gasification method for gasifying herbaceous biomass has been conducted.

The main components in the product gas are H₂, CO, CO₂, CH₄ and C₂H₄. According to the chemical reaction analysis, in the case of rice straw, wheat straw and common reed, the amount of reacted H₂O is less than in the case of cedar. As for CH₄, it is contained 0.15 to 0.20 mol per feeded biomass mol for all biomass at any temperature. C₂H₄ decreases with increasing temperature, but does not depend on biomass species

Keywords (herbaceous biomass, steam gasification, gas composition)

1. 緒言

近年、バイオマス資源の活用が進められ、比較的利用しやすい木質系バイオマスのガス化に関する技術開発が行われている。しかし、木質系の原料は成長に必要な時間が長いことに加え、山林から原料を収集運搬するためのコストが高くなるため、簡易に大量に収集できる原料として、草本系バイオマスの利用が注目されている。

バイオマスのガス化炉設計の為に、未燃分、タール量、また生成ガス成分がいかんして決まるか、即ちその操作条件依存性（温度、反応時間、バイオマス種類、反応器形式など）に対する知見が必要である。本研究では、特に生成ガス成分に着目し、稲わら、葦などの草本系を主対象とし、対照系としてスギなど木本バイオマスを含めた合計5種について、水蒸気をガス化剤とした小規模の実験装置（バイオマス供給量2g/分）でのガス化試験を実施した。

2. 実験バイオマス原料の特性

2.1 バイオマスサンプルの採取状況

本研究では、稲わら、麦わら、葦および剪定枝の4サンプルを長崎県内で採取し、あわせて企業より提供されたスギのおが粉を、ガス化実験用として供試した。各バイオマスサンプルの採取状況は次の通りである。

稲わらは、長崎県諫早市で栽培された「ヒノヒカリ」の稲刈り時に、稲穂を脱穀したのち、機械でせん断した茎と葉の部分を採用した。また麦わらは、長崎県農林部農林技術開発センターの協力を得て、そこで栽培された「ニシノホシ」の麦穂を脱穀したのち、麦わら状態で保存されていたものを提供いただいた。葦のサンプルは、同施設隣接の諫早干拓調

*¹ 総合情報学部 総合情報学科 講師

*² 新技術創成研究所 特命教授

整池に自生しているものを刈り取った。剪定枝については、道路沿整備の際に発生したものを回収した。これらのサンプルは相当量の水分を含むため、本学敷地内で約1ヵ月の天日乾燥を行った。そののち手持ちのミルミキサーで粉碎し、篩分けして300 μ 以下の部分を、以下の元素分析、発熱量分析の試料とした。

2.2 サンプルの元素分析および熱量分析

ガス化実験に用いるサンプルの元素分析(C, H, N, O, S)を行った。分析には、長崎県窯業技術センターの元素分析計を用いた。各サンプルの3回の分析結果の平均を表1に示す。この値をガス化実験結果の解析に用いた。硫黄(S)分については、本方式では検出感度が低い。

熱量(発熱量)の分析には、本学の燃研式ボンベ型熱量計を用いた。分析用サンプルは元素分析と同様の前処理(水分除去)を行った。結果(3回の分析結果の平均)を表1に示す。なお、本値は定容の発熱量であり、またSO₄, NO₃生成による補正はしていない。

2.3 バイオマスの分析法と結果評価の留意点

バイオマスの工業分析、元素分析、発熱量についてのJIS規格はなく、石炭の手法が用いられることが多い。実際バイオマスの計測値は、元素分析

(ultimate analysis) 以外は、定義であり参考値に過ぎないともいえ、特に重要な項目については、最初は、複数の分析手法また複数の機関での測定を行い、文献などの公表値と対比しながらプロセスに応じて解析・集積していく事が不可欠である。以下に留意事項の一部をまとめる。

- ①元素分析；一般的な燃焼法によるC, H, N元素分析装置では、0は分析せず、差引きとなる。また微量のSは検出できないことがある。JISには、C, H, Nについてはこの方法が規定されている(M8819)が、S分は燃焼吸収イオンクロマト法(M8813)などを用いることになっている。
- ②灰分の組成分析；一般的には酸溶解-ICP法が使用されるがClは一般には測定できない(全Clを燃焼吸収イオンクロマト法で計測する)。一方、X線蛍光分析法は、正確な定量には不十分であり、かつNa以下の原子量の元素(Be, B, F等)は分析できない。
- ③灰の融点；JIS, ASTMでは軟化点、融点、溶流点などが規定されている。実際には、灰分の熱挙動は、定義されるこのような単純な数値で示されるようなものではなく複雑である。
- ④工業分析の灰分量；バイオマス灰の場合、低温度で揮散するものが多く、灰化温度により大きくかわる。また木質は、灰分量が1%前後と極めて少ないので、評価は難しいように思われる。

表1 元素分析結果 (dry base)

	N	C	H	S	O	灰分	平均熱量
	(%)						(kJ/kg)
スギ	0.05	48.88	8.79	0.05	44.59	0.7	18.43
稲わら	0.84	37.24	4.88	0.00	33.43	23.60	14.62
麦わら	0.36	36.04	4.79	0.00	40.72	18.10	13.93
葎	3.99	40.2	5.2	0.00	35.57	14.00	14.95
剪定枝	3.36	46.67	5.98	0.00	36.39	7.00	18.44

表2 既往の発熱量の関係式と実測値の比較 単位は kcal/kg (dry base)

	スギ	稲わら	麦わら	葦	剪定枝
実測値	4,410	3,498	3,322	3,576	4,411
(1)式での計算値	4,033	3,256	2,816	3,514	4,270
計算値/実測値	0.91	0.93	0.84	0.98	0.96
(2)式での計算値	5,614	3,671	3,321	3,696	4,721
計算値/実測値	1.04	1.05	0.997	1.10	1.07

⑤発熱量；一般のボンブ燃焼法で測定されるのは高位・定容の発熱量であり、通常プロセス設計に使用される定圧（即ちエンタルピー）・低位の値にするには換算が必要である。また、JISにはN,S分の寄与（高温高压の酸素燃焼・凝縮なので、Sは硫酸になり、硝酸も生じる）について補正法が規定されている。

発熱量についてはバイオマスの熱利用のための最も重要な指標である。特に電力利用の場合、直接発電効率に影響するから、発電効率を保証した場合など、数%の差でも重大である。前述のように、石炭などの燃料についてはJISにはその分析法が詳細に規定してある。ここでは、元素分析値との関係につき考察する。

石炭の場合、古くから下記（1）式が用いられる。実測値との誤差は±2%、瀝青炭に限れば、±1%と非常によく対応する（逆に、実際の分析値と計算値が合致していればそれは元素分析、発熱量とも妥当な値ということになる）。都市ごみを含め、バイオマスの場合、この式から離れるので、（2）、（3）式を含め、いろいろな関係式が提案されている。

(1) Dulong の式；酸素はすべて H₂O の形

$$Hh = 81C + 342.5(H-0/8) + 22.5S$$

(2) Steuer の式；酸素は半分が H₂O、残りが CO の形

$$Hh = 81(C-3/8 \times O) + 57 \times 3/8 \times O + 342.5(H-(1/16 \times O)) + 22.5S$$

(3) Scheurer-Kestner の式；酸素は全て CO の形

$$Hh = 81(C-3/4 \times O) + 342.5H + 22.5S + 57 \times 3/4 \times O$$

ここで、Hh は、高位発熱量 (kcal/kg)、81、342.5、22.5 は、それぞれ、C, H, S(燃焼性)の重量1%当たりの発熱量 (kcal/kg) である。

今回分析した5種のバイオマスについて、発熱量、および元素分析の値を用いて、（1）式、および（2）式の適合性について検討した。

表2に結果を示す。いずれも（1）式では実測値より低く、（2）式では高くなっている。従ってバイオマス中の酸素の結合状況が、（1）式と（2）式の中間の状況にあるのであろう。いずれにせよ、歴青炭の場合の±1%の誤差には遠く及ばない。

3. 基礎実験装置でのガス化試験

3.1 実験方法

本学では、バイオマス供給量が数g/分の小型電気炉加熱方式の反応器を用いて、対象バイオマスのガス化特性を評価している¹⁾。反応管はSUS製内径54mmであり、水蒸気をガス化剤として、スギ、稲わら、麦わら、葦、剪定枝の5種を対象に実施した。

試験装置の概略を図1に示す。試験の設定条件は下記の通りである。

- ・試料：バイオマス5種（詳細は前項参照）
- ・ガス化温度：800℃、900℃、1000℃
- ・供給バイオマス量：2g/分
- ・反応水量：2g/分
- ・N₂（バイオマスカリヤ）供給量：1L/分
- ・試験時間：30分

バーナーの火炎確認ののち5分、15分、25分経過後の3回、生成ガスをテドラーバックに採取し、その組成をガスクロマトグラフによって分析した。また、試験終了時の炉内に残留するチャーの性状調査の為、30分の試験終了後、直ちにバイオマスと水蒸気の供給を停止するとともに、降温を開始することとした。

各供給バイオマスの粒径は以下の通りとした。

スギについては、原料おが粉をそのまま供給した。約100gを篩により分級・秤量を行って調査した結果、その粒径は、2mm以上 0.5%、2mm~1mm 13.9%、1mm~600 μ 31.6%、600 μ ~300 μ 37.4%、300 μ 以下 19.4% (合計100%)であった。稲わらについては、供給の容易さも考慮して、ミルミキサーで粉碎し、篩分けして300 μ ~600 μ のものを用いた。

麦わらについても同様の粒度と考えたが、麦わらは稲わらと異なりミルミキサーでは細かくすることが困難で (特に1mm以上のものの切断は難しい)、サンプル量確保のため、今回は篩分けして300 μ から1mmのものを用いた。葎の場合、粉碎によって細くなり易いが、フィーダーでの供給の円滑性を考慮して600 μ m~1mmのものを用いた。剪定枝の場合には、粒径が大きなものと細かなものに分離しやすく、これらを適度に混ぜ合わせた300 μ m~1mmのものを用いて実験を行った。

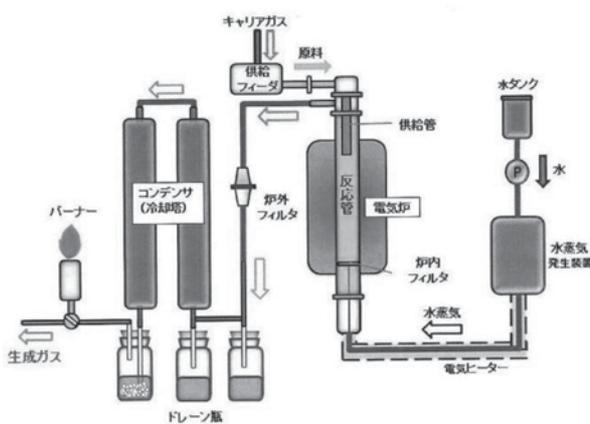
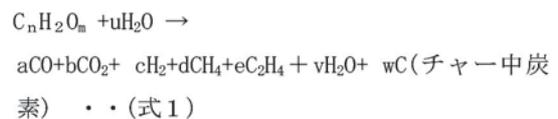


図1 試験装置の概略図

3.2 基礎実験装置でのガス化試験結果

バイオマスは高温場に投入された場合、原料バイオマスの揮発分の気化終了後、固定炭素分と灰分として残されたチャーは、雰囲気温度まで上昇して、炭素分はCO, H₂などのガスに転換する (水性ガス化反応)。この水性ガス化反応は遅く、チャーは残分となりやすい²⁾。本実験により得られた結果を用いて、C, Hの物質収支から最終的に下記のような総括反応式で整理した。



計算手順の概要は下記のとおりである。

1. Cのバランスから生成ガス流量 (水蒸気を除く) を計算する。
2. この生成ガス量を用いてHバランスから、出口の水蒸気量を計算する。
3. それを用いて、O (酸素) のバランスを検討する (100%に近ければ、良好なバランスと言える)

具体的には、下記のようなバイオマス物性値、ガス化実験での測定値を用いた。

入力 (インプット)

- ・原料バイオマス性状; 水分・灰分 (示差熱分析による)、及び元素分析値 (C, H, O, N, S)
- ・操作条件; バイオマス供給量 (gまたはg/分)、反応水供給量 (gまたはg/分) およびN₂流量 (N₂流量は実際には計算に使わない)
- ・生成ガス成分 (ガスクロマトグラフ分析値、ドライベース)
- ・試験後のチャー量、及びその未燃分値 (示差熱分析による)

出力 (アウトプット)

- ・各物質のバランス; 入口 (バイオマス、水) と出口 (ガス、水蒸気、未燃C) の各重量
- ・化学反応式; 上記 (1) 式の各値 (バイオマス1モルに対する各化合物のモル数)

なお、今回の計算ではC, H, Oのみでの計算であり、N, S 分の誤差はある（例えば、出口生成ガス中にはNH₃のH分などが存在するが、これは今回の場合1~2%以下で一応無視した）。

各バイオマスについて、バイオマス 1 モルに対する生成ガス中の各成分のモル数、および未燃炭素モ

ル数を整理して、図2に示す。

生成ガス組成および、解放後の内部フィルター上のチャーの状況について、この5種（スギ、稲わら、麦わら、葦、剪定枝）での結果を整理すると下記の通りである。

生成ガス中の主要な成分はH₂、CO、CO₂、CH₄、C₂H₄

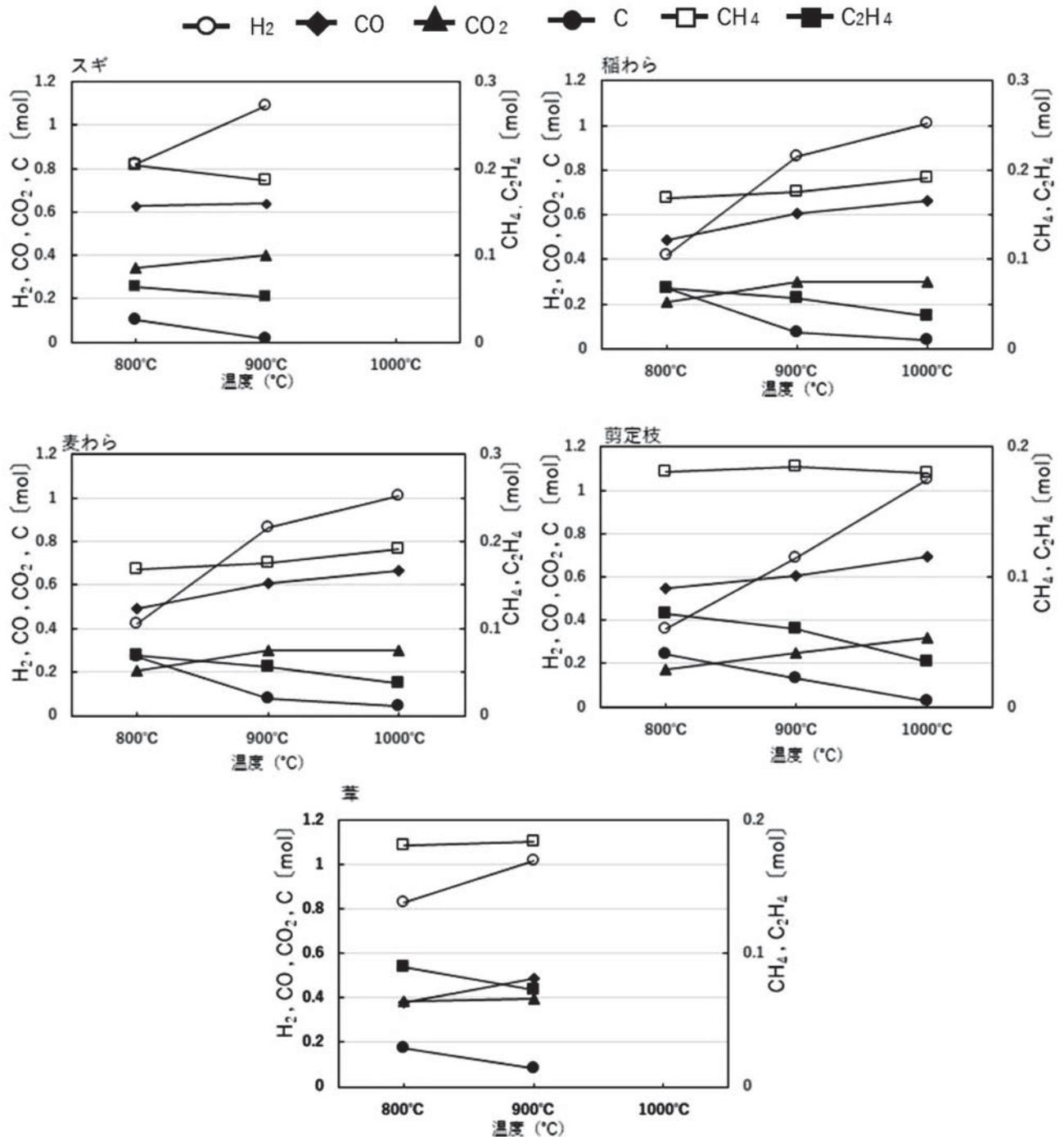


図2 生成ガス中成分のモル数（供給バイオマス 1 モルあたり）

であるが、化学反応式からすると、供給バイオマス 1 モルに対して、稲わら、麦わら、葦の反応 H_2O 量は、スギより少ない (900°C で 0.2~0.3 モル、スギ 0.57 モル)。 CH_4 については、いずれのバイオマス、いずれの温度でも、0.15~0.20 モルである。 C_2H_4 については、高温になるほど減少するが、バイオマスによらない。800°C で 0.07、900°C で 0.05~0.06、1000°C で 0.03~0.04 モルである。

CH_4 については従来データ (内部フィルターが下部にあり、粒径が今回より小の場合) と同一レベルであるが、ガスの反応時間が従来より短いためか 900°C 以上での C_2H_4 はやや多い。また H_2 , CO , CO_2 の状況はおおむね従来データと大差がないように思われる。

解体後の内部フィルター上のチャーの状況はバイオマス毎に異なる。稲わら、麦わらの場合、高温になると未燃分が少なくなる効果と、灰の焼結性・溶解性が高くなる効果で塊状となった。稲わら、麦わらの場合とも 900°C では手で簡単に壊せる緩やかな塊であるが、1000°C では未燃分が殆ど 0 に近くかなり固い塊となり、特に麦わらのチャーは半溶解状態である。日田スギのチャーは、800°C でもやや塊になる傾向があるが、その結合は弱く、900°C ではごく微量となるため状況は判明しがたい。また葦のチャーは、堆積しているだけで塊状にはなっていない。剪定枝のチャーは塊状にはなっていないが、他と比べると粒子は硬く、原料の形状を残しているものが多かった。

4. 結言

稲わら、葦など 5 種のバイオマスを対象に、実際に小型実験装置でガス化試験を実施し、生成ガス組成、未燃炭素量などにつき有用な知見を得た。

実際のプラントでは、バイオマス粒子の温度履歴など諸操作因子が関連し、ガス化の反応、また灰分の挙動も複雑である。ガス化炉設計の基礎資料として、今後のバイオマスガス化技術開発の参考・一助となれば幸いである。

引用文献

(1) 村上、宮城、坂井「バイオマスの高カロリーガス化

に関する基礎研究」、長崎総合科学大学工学研究センター所報、第 19 号、45~48 頁 (2005)

(2) (社) 日本エネルギー学会編「バイオマスハンドブック」第 2 版、88 頁 (2009)

回転運動及びピストン運動を用いた カテーテル型凝血塊破砕吸引装置の破砕性能の検討

池 浩司*¹・川添 薫*²

Evaluation of crushing performance of the blood coagulum crushing suction catheter using rotation motion and piston motion

IKE Kohji and KAWAZOE Kaoru

Summary

The endoscopic treatment is used in a wide range of fields with the improvement of technology. The endoscopic treatment is difficult to find the focus of disease due to the blood coagulum present in the upper gastrointestinal tract-bleeding disease. Particularly, the endoscope apparatus removing the blood coagulum in a short time is necessary for the emergency operation of upper gastrointestinal-bleeding disease. Thus, we have developed the model apparatus with catheter type device in which a stainless wire. It can be inserted directly into the endoscope channel, and a screw blade attached to the wire distal end portion. Through examined the time required for removing the blood coagulum prepared artificially, the model apparatus was confirmed to crush and suction the blood coagulum in a short time by piston motion. Thus, this method is considered to be effective for removing the blood coagulum.

Keywords : (endoscope, blood coagulum)

1. はじめに

近年、内視鏡を用いた検査や治療では、内視鏡技術の進歩により、患者の苦痛を軽減する経鼻的上部消化管内視鏡検査¹⁾や癌病変の切除など幅広い治療効果が得られるようになった。また、胃などの上部消化管出血患者に対する内視鏡的治療法では、病変部からの出血に対し、止血薬剤の散布や止血用クリッピング装置により出血部を圧迫することで止血している^{2) 3) 4)}。しかし、内視鏡的止血術を行う際に、消化管内に貯まった凝血塊により内視鏡の視野が確保できず、出血点を観察できないために治療できない症例や、凝血塊の除去に時間を要する症

例がある。このため、内視鏡的止血術を施行する際に凝血塊が存在すれば、迅速に凝血塊を除去する必要がある。しかし、凝血塊を除去するための専用の処置具がないため、医師が消化管内の凝血塊の性状や付着状況、患者の病状や治療内容を考慮した上で、異物を除去するための内視鏡専用処置具(Fig.1)を選定し、凝血塊を除去しているのが現状である。また、消化管内に凝血塊が多量に存在する場合は重症な場合が多く、緊急的治療を要するため、凝血塊の除去は短時間でを行う必要がある。内視鏡治療においては、短時間で凝血塊を除去可能な医療機器の開発と新技法の確立は、極めて重要な課題である。

*¹ 工学部 工学科 医療工学コース 助教

*² 工学部 工学科 医療工学コース 教授

この課題に我々は、内視鏡チャンネルに直接挿入可能で患者負担の少ない凝血塊破碎吸引装置の開発を目的に、基礎的研究を進めてきた。

本論文では、現在の凝血塊除去方法の問題点と考案したカテーテル型凝血塊破碎吸引装置の検証結果について述べる。

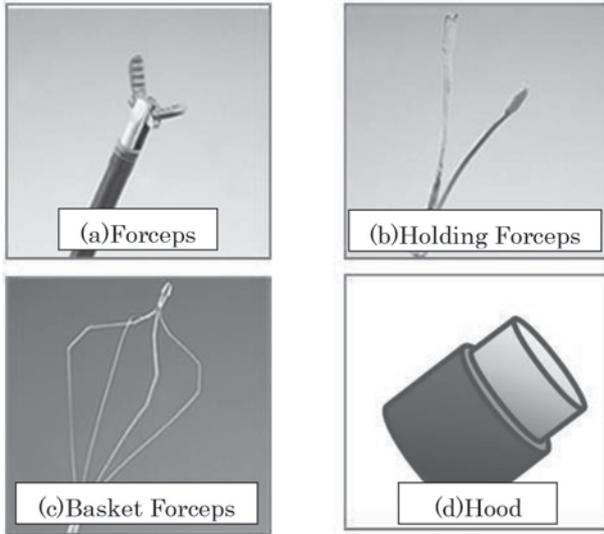


Fig.1 Endoscopic treatment tool

2. 目的

上部消化管出血患者に対し、内視鏡を用いて短時間で凝血塊を破碎・除去可能な装置の開発を目的に、カテーテル型凝血塊破碎装置を考案し、凝血塊除去に必要な時間と除去量などを検討し、その有用性を考察した。

3. 現在の凝血塊除去方法と問題点

現在の上部消化管出血患者における内視鏡的凝血塊除去方法は、異物鉗子等の処置具を用いたり、内視鏡先端部にフードを装着し凝血塊を吸引したまま内視鏡を体外に抜去する方法などで凝血塊の除去が施行されている⁵⁾。

内視鏡専用処置具やフードなどは、凝血塊除去を目的とした医療用具ではなく、異物除去などで使用される処置具である。そのため、1回あたりに除去できる凝血塊容量に限りがあり、全ての凝血塊を取り除くために内視鏡を複数回挿入及び抜去しなければならないため、凝血塊除去に要する時間が長くなり患者の苦痛を伴う問題点がある。

4. 開発した凝血塊破碎吸引装置

現在の上部消化管出血に対する内視鏡的凝血塊除去方法の問題点を改善するため、内視鏡チャンネルに直接挿入可能なカテーテル型凝血塊破碎吸引装置を考案した (Fig. 2)。カテーテルは Fig. 3(a) のような、内径 2.8mm、長さ 1370mm のカテーテルを使用し、内部にステンレスワイヤーを通し、ワイヤー先端部に Fig. 3(b) のスクリー刃を圧着した。なお、試作したスクリー刃は 19G の注射針を螺旋状に加工し製作した。凝血塊を破碎吸引する際は、内視鏡の送水チャンネルからの送水により、凝血塊を希釈しながらスクリー刃で凝血塊を破碎し、吸引部より破砕片を吸引することで凝血塊を除去可能な構造となっている。なお、スクリー刃はカテーテル先端から突出しないように、カテーテル内部に収まる構造となっている。

実験ではスクリー刃を回転運動させた場合とピストン運動させた場合で凝血塊の破碎性能について評価を実施した。

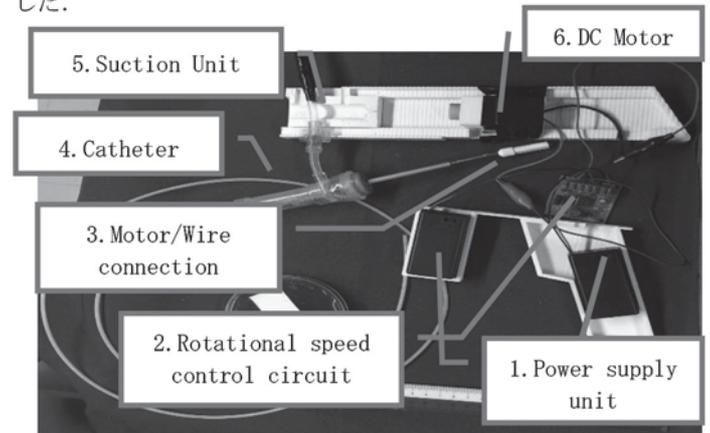
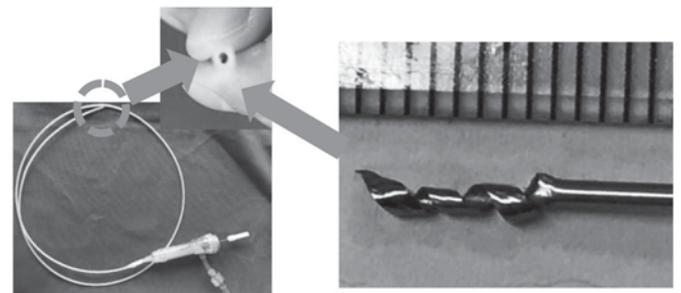


Fig.2 Blood coagulum crushing suction catheter



(a)Catheter tip

(b)Screw blade

Fig.3 Catheter tip and Screw blade

- 1) 電源部
9V 乾電池を 2 個使用
- 2) 回転速度制御回路
AE-555PWM(秋月電子)を使用
- 3) モータ/ワイヤ接続部
DC モータとステンレスワイヤーを接続
- 4) カテーテル
内径 2.8mm, 長さ 1370mm
- 5) 吸引部
吸引器に接続し-60kPa(-450mmHg)で吸引
- 6) DC モータ
FC-280PC を使用

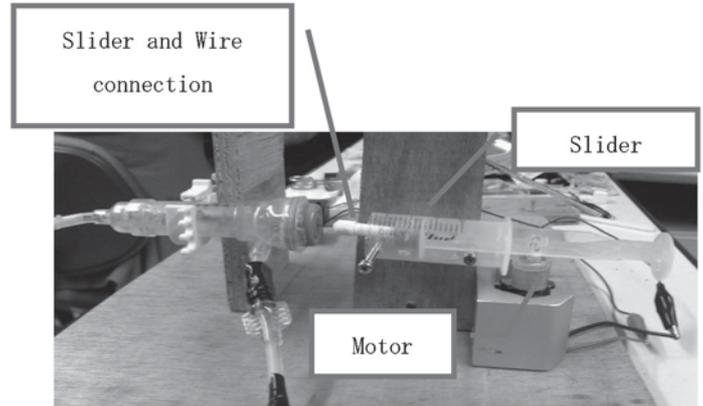


Fig. 5 Rotation/Piston conversion device

4.1 回転運動型凝血塊破碎吸引装置

回転速度制御回路により、モータの回転速度を 290rpm~8700rpm で制御可能であり、カテーテル内のステンレスワイヤーを介してスクリー刃を回転運動させる構造となっている。

4.2 ピストン運動型凝血塊破碎吸引装置

Fig. 4 に示すクランク機構を用いた回転-ピストン運動変換装置を製作し、モータの回転をピストン運動に変換しスクリー刃を前後に動かすことで凝血塊を破碎するものである。モータの回転運動をスライダに伝え、スライダに入れた切れ込みによりモータの回転をピストン運動へ変換させる構造(Fig. 5)となっている。なお、モータの回転運動 1 回転あたり振幅 7mm のピストン運動へ変換可能である。

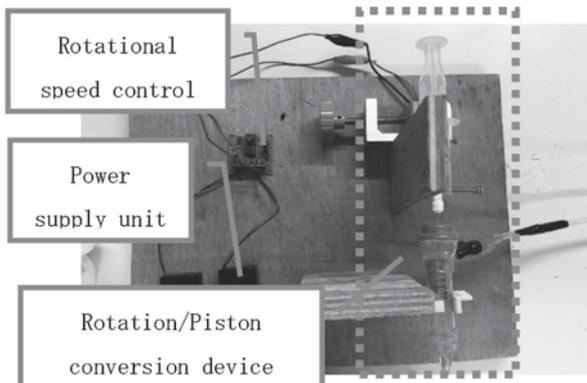


Fig. 4 Blood coagulum crushing suction catheter (Piston Type)

5. 実験方法

試作したカテーテル型凝血塊破碎吸引装置の破碎性能を評価するため、人工的に凝血塊を作製した。作製した凝血塊は人体より採血したヒト血液(約 20ml)と人工胃液(約 4ml)を混合し、常温で 24 時間放置したものを使用した(Fig.6)。実験ではシャーレ内に人工凝血塊を作製し、カテーテル型凝血塊破碎吸引装置を用いて -60kPa(-450mmHg)で吸引した場合の破碎吸引性能について評価を実施した。

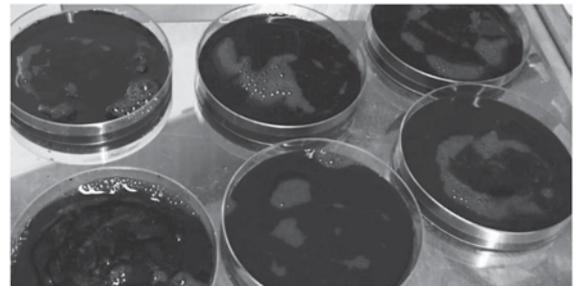


Fig.6 Artificial blood coagulum

5.1 回転運動型凝血塊破碎吸引装置の破碎吸引性能評価

人工凝血塊を用いて、スクリー刃を 6000rpm で回転させた場合の破碎吸引性能について評価を実施した。実験ではシャーレ内の人工凝血塊を水で希釈しながら破碎吸引し、破碎前の重量と破碎吸引後の重量及び注水量、吸引時間について評価を行った。

5.2 ピストン運動型凝血塊破碎吸引装置の破碎吸引性能評価

回転運動型凝血塊破碎吸引装置の破碎吸引性能評価と同様に、シャーレ内の人工凝血塊をスクリーノをピストン運動させながら破碎した場合の破碎性能について評価を実施した。実験では、ピストン運動の振動数を 1000Hz, 1500Hz, 2000Hz に変化させた場合の評価を実施した。

6. 実験結果

Table.1 に回転運動型及びピストン運動型の凝血塊破碎吸引装置の破碎性能評価結果について示す。回転運動型では 1 サンプル、ピストン運動型では振動数毎に 2 サンプルの評価を行った。なお、吸引圧は -60kPa であり、注水量は、評価時に適宜注水を行い評価後に注水量を測定した。

Table.1 Evaluation result of Blood coagulum crushing suction catheter

Device Type	Rotation	Piston					
		②	③	④	⑤	⑥	⑦
Number of samples	①						
Blood coagulum weight	24.5g	21.5g	24.7g	26.9g	22.2g	25.5g	26.6g
Suction pressure	-60kPa	-60kPa					
Number of rotations (Frequency)	6000rpm	1000Hz		1500Hz		2000Hz	
Water injection amount	15ml	11ml	10ml	19ml	24ml	25ml	20ml
Time	3m14s	1m39s	2m46s	3m28s	3m37s	5m35s	5m37s
Remaining amount	12.3g	4.1g	4.2g	3.5g	4.3g	3.4g	4.3g

6.1 回転運動型凝血塊破碎吸引装置

シャーレ内の人工凝血塊 24.5g をカテーテル型破碎吸引装置を用いてスクリーノを 6000rpm で回転させ破碎吸引し、残量 12.3g まで除去可能であった。破碎吸引に要した時間は 3 分 14 秒であり、送水量は 15ml であった。なお、破碎吸引時に Fig.7 のようにカテーテル先端のスクリーノに繊維状の凝血塊が付着 (Fig.8) してしまい、継続的に凝血塊を破碎吸引することができず、シャーレ内の全ての凝血塊を除去することは不可能であった。

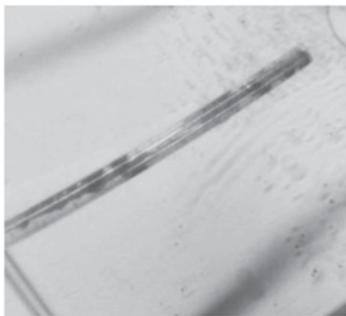


Fig.7 Catheter after crushing and suction (Rotation Type)

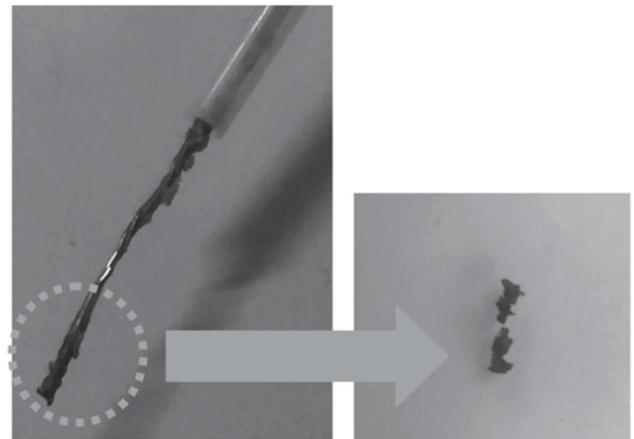
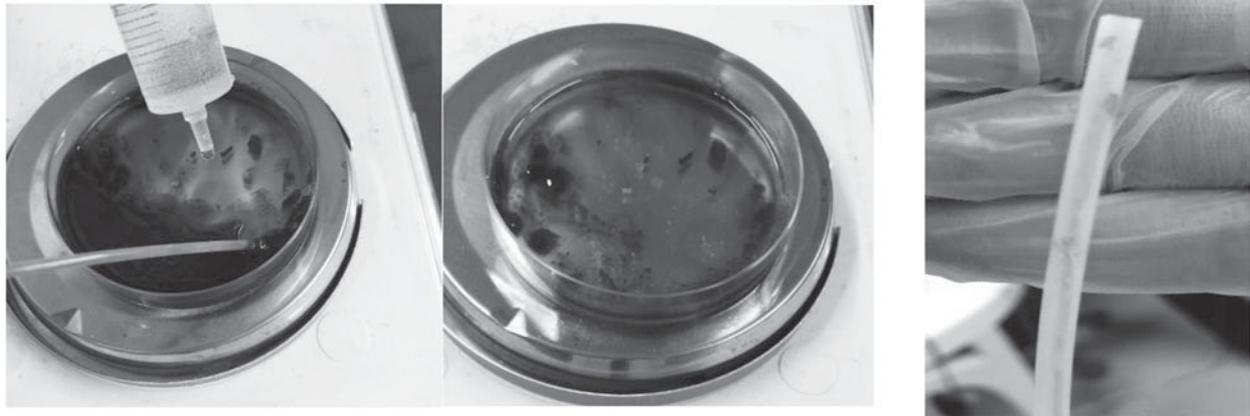


Fig.8 Fibrous blood coagulum

6.2 ピストン運動型凝血塊破碎吸引装置

シャーレ内の人工凝血塊を振動数を変化させ破碎吸引した場合の破碎性能について評価を実施した。各振動数で 2 サンプルずつ測定した結果、全てのサンプルでカテーテル先端に凝血塊の付着がほぼなく、継続して破碎吸引可能であった (Fig.9)。また、振動数が小さいほど短時間で破碎吸引可能であった。



(a)Crushing and suction (b)After crushing and suction (c)Catheter after crushing and suction

Fig.9 Evaluation result of Blood coagulum crushing suction catheter (Piston Type)

7. まとめ

今回試作したスクリー刃でのカテーテル型凝血塊破碎吸引装置は回転運動させると、破碎部で凝血塊を上手く破碎することができず、繊維状の凝血塊が付着し継続的な破碎吸引は不可能であった。また、破碎部とカテーテルの間隙部に凝血塊が詰まり場合があり、少量の凝血塊であれば吸引可能であると考えられるが、継続して多量の凝血塊を破碎吸引することは不可能であった。一方、破碎部をピストン運動させると、破碎部への凝血塊の付着もほぼなく、安定して凝血塊を破碎吸引することが可能であった。また、振動数による破碎吸引性能への変化も見られたため凝血塊の性状等により最適な振動数が存在することが示唆された。

8. 結語

上部消化管出血患者の内視鏡的処置において、凝血塊を除去する装置の開発は、治療時間の短縮と、患者の苦痛軽減をもたらすため、極めて効果的な装置であると考えられる。本研究で開発したカテーテル型凝血塊破碎吸引装置は内視鏡チャンネルに直接挿入可能であるため、患者の苦痛を緩和でき迅速に凝血塊を除去できるデバイスとなる可能性がある。今後は、破碎部の形状や破碎方法などについて更なる検証を進めていくと同時に、凝血塊の性状(粘性など)についても評価をおこない、より効果的に凝血塊を除去可能な装置の開発を目的に研

究を行う予定である。

倫理面への配慮

本研究は、長崎総合科学大学の研究倫理委員会の承認(承認番号: RE1601)を得て研究を行った。

謝意

本研究は長崎総合科学大学新技術創成研究所からの助成によって行われており、ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) 宮岡 正明, 阿部 公紀, 尾形 高士. 経鼻的上部消化管内視鏡の現況. 日本消化器内視鏡学会雑誌. 2007; 49(6):1402-1412.
- (2) 中島 正継. 処置具の歴史と進歩. 日本消化器内視鏡学会雑誌. 2008;50(3):3573-3577.
- (3) 後藤 善則, 土山 寿志, 平野 桂ら. 内視鏡的クリッピング止血をおこなった新生児出血性胃潰瘍の2例. 日本消化器内視鏡学会雑誌. 2010;52(1):38-43.
- (4) 蜂巢 忠, 山田 英夫, 後藤 剛貞ら. 内視鏡処置具, 留置スネア(結紮装置)の止血処置具としての有用性. 消化器内視鏡の進歩: Progress of Digestive Endoscopy. 1994;45(0):60-62.
- (5) 日比野 清富, 吉田 利明, 相原 真理子ら. Dieulafo

y-ulcer出血による凝血塊除去に対してラッパ型透明
フードが有用であった1例. 日本消化器内視鏡学会雑
誌. 2000;42(3):262-265.

- (6) 川添薫. 特開2002-34993 (P 2002-34993A)
識別番号500345009

ワイアレスセンサシステム向け低電力近距離無線給電の一検討

木場 大樹*²・清山 浩司*¹

A study on Low-Power Near-Field Wireless Powering for Wireless Sensor Systems

KOBA Hiroki and KIYOYAMA Koji

Summary

This paper presents a near-field wireless powering for low-power wireless sensor modules or systems, with applications to sensing in wearable systems (e.g., bio-signal monitor, physical to digital convertors). Three approaches (series, parallel and series-parallel resonant circuit) for optimal circuit design of wireless powering systems are described. By the simulated power transfer and receive circuit topology and experimental results, the optimal wireless powering circuits are discussed for maximum power transfer efficiency.

Keywords : (wireless power biomedical signal measurement wireless power supply)

1. 緒言

近年、携帯型情報端末は、多機能化、高性能化などに伴い急速に普及が進んでいる。このような環境の変化より気軽に、かつケーブルを気にせずに電力供給ができる無線電力供給(無線給電)が注目されている。現在では、スマートフォンをはじめとする電子機器等に搭載されており、大電力や生体埋込型医療機器などへ応用させようと研究が進んでいる。これらの無線給電で多く用いられている方式は電磁誘導方式である。幅広い分野で用いられている電磁誘導方式であるが、多くの課題を抱えている。例えば、伝送距離や低結合状態で電力や効率の急激な低下がある。そこで、本研究では電磁誘導方式と比べて伝送距離を伸ばせる磁界共鳴(共振)方式について検討を行った。本稿では、ミリワット(mW)レベルの無線給電に関して効率向上を目的とした回路構成の検討を述べる。

2. 無線給電の伝送方式

2.1 伝送方式の種類および検討

無線給電で使用される方式は大きく分けて 2 つある。1 つは、近傍下の伝送に使用される非放射型である。もう一つは、空間の伝送に使用される放射型である。放射型は高周波数を使用する。本研究では、人間が携帯または装着するウェアラブル機器など低消費電力システムの無線給電を対象とするため、非放射型に関して述べる。非放射型は、一般的に電磁誘導方式、磁界共鳴(共振)方式および電界結合方式の 3 つに分類される。各方式の特徴を説明するにあたり、必要となる磁界および電界の特性と事例について述べる。磁界は磁束が変化すると電流が流れて、その空間に人間が入ると磁界の強さに応じた電流が流れる。電界は電位差が

*¹ 工学研究科 電子情報学専攻 准教授

*² 長崎総合科学大学 工学部 工学科 電気電子工学コース 4 年

生じている空間で発生し、人間がその空間に入ると人体組織は導電性なので人体表面に電荷が移動して内部に電界が誘導されて電流が流れる。磁界によって流れる電流で刺激作用は生じるが電流の調整で許容範囲内に抑えることが可能である。体内の電界強度が高くなると、X線や遠紫外線などを浴びることで起こる生体組織の構成分子や原子を破壊することと同様の現象が起こる。アメリカ・コロラド州の送電線周辺で発生する電磁波が原因とみられる小児白血病の事例が報告されている。しかし、商用周波数の電磁波と小児白血病との因果関係はみられないという研究結果が出ている[1]。日本の研究所は、低周波電磁波と生体は非熱的相互作用によって発がん性があるという研究結果を発表している[2]。これら磁界および電界の特徴と事例を踏まえた上で、各方式の特徴について述べる。電磁誘導方式は電磁誘導作用を用いて、2つのインダクタ間で電力を伝送する方式である。利点として簡単かつ小型な回路で実現が可能である。しかし、伝送距離が短いという欠点がある。磁界共鳴(共振)方式は電磁誘導方式と同様にインダクタを用いて電力を伝送する方式である。磁界を伝送媒体に伝送を行うので、伝送距離が比較的長くなる。しかし、Quality Factor(Q値)が高いため、インダクタが少しでもずれると調整を必要とする。電界結合方式は電磁誘導方式と磁界共鳴(共振)方式で用いていたインダクタの代わりにキャパシタを使用する。静電誘導作用を利用して電力を伝送する方式である[3]。これらを踏まえた上で、本研究では磁界共鳴(共振)方式を選択して検討を行う。検討に使用する周波数は電力のみとして100 kHzとした。周波数100 kHzを選択した理由は生体に使用しても刺激および熱作用が少なく、体のおよそ60%を占める水分に吸収されにくいからである。周波数が高くなるにつれて、水や非伝導物質に吸収される。非接触型の無線給電では約100 kHzから30 MHzの周波数が使用される。情報も同時に伝送する場合はISM(industrial scientific and medical)バンドの13.56 MHzが多く用いられる。

2.2 送信側の回路構成の検討

本研究では、送信側に図2-1に示す直列共振回路および図2-2に示す直並列共振回路を使用する。図2-1に示す直列共振回路は一般的な特徴の回路を使用するため、ここでは直並列共振回路の特徴のみを説明する。この回路は、インダクタ L_1 に並列キャパシタ C_2 を接続しており、直列共振と同等の動きをする。図中の抵抗 R_1 は寄生抵抗である。共振時は C_2 が接続されているため、 L_1 に流れる電流は直列共振に比べて減少する。そうすることでインダクタのクオリティファクタ Q 値が抑制され低下する。電流は低下するものの共振周波数からずれても急激な Q 値の低下が発生せず、直列共振に比べて伝送電力が安定する。

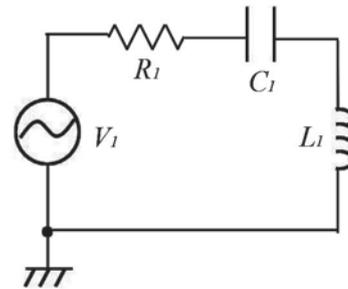


図 2-1 検討する直列共振回路

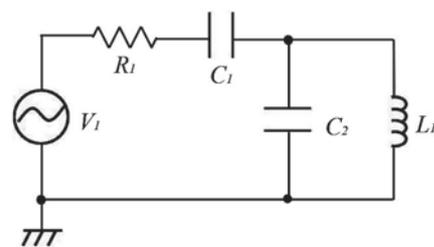


図 2-2 検討する直並列共振回路

2.3 受信側の回路構成の検討

受信側には並列共振回路と直並列共振回路を使用する。図 2-3 は並列共振回路で、図 2-4 は直並列共振回路である。動作の特徴は、送信側と同じである。図中の抵抗 R_2 は、インダクタが有する寄生抵抗を模擬している。受信側に用いる直並列共振回路は、位置ずれによる漏れ磁束の増大で生じた結合係数の低下を C_2 と C_3 のキャパシタンスにより低下分を調整することが可能である。

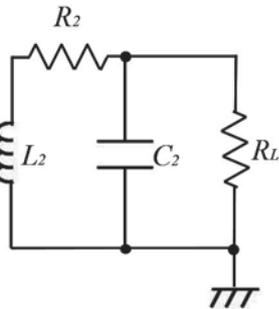


図 2-3 検討する並列共振回路

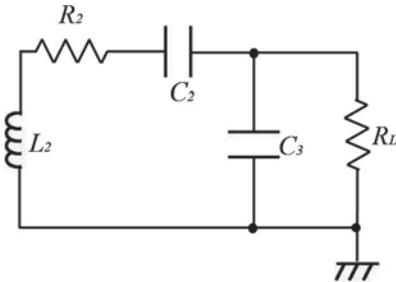


図 2-4 検討する直並列共振回路

3. シミュレーション解析および実験

3.1 シミュレーション条件および結果

本稿では、受信側を携帯型または装着型として消費電力を標準時 10 mW(受信電圧 1.8V の時、負荷抵抗 324Ω)、最大時 20 mW(受信電圧 1.8V 時、負荷抵抗 162Ω)に設定する。回路シミュレーションには、アナログデバイセズ社が提供している LTspice (version XVII)を用いる。解析は図 3-1 および図 3-2 に示すように送信側を直列共振の場合と直並列共振の場合の 2 パターン、受信側に関しては並列共振と直並列共振の 2 つを用いている。

図 3-1 のシミュレーション条件は、直列-並列共振の場合、 V_1 =振幅 10 V_{pp}、周波数 100 kHz、

$R_1=R_2=1 \Omega$ 、 $C_1=0.818 \mu\text{F}$ 、 $C_2=0.852 \mu\text{F}$ 、 $L_1=L_2=3.1 \mu\text{H}$ とした。直列-直並列共振の場合は、 $C_2=0.2 \mu\text{F}$ 、 $C_3=0.681 \mu\text{F}$ で、それ以外は直列-並列共振の場合と同様である。解析では素子の値を一定として L_1 と L_2 の結合係数を 0.01 から 0.1 までは 0.01 間隔、0.2 以降は 0.1 間隔で増加させる。

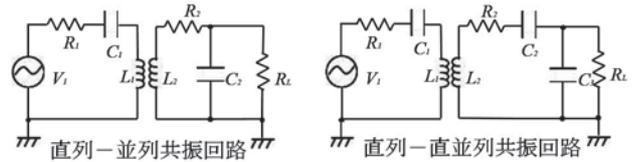


図 3-1 送信側が直列共振回路の場合の回路構成

図 3-2 の直並列-並列共振のシミュレーションでは振幅 $V_1=10 \text{ V}_{pp}$ 、周波数 100 kHz、 $R_1=R_2=1 \Omega$ 、 $C_1=0.164 \mu\text{F}$ 、 $C_2=0.654 \mu\text{F}$ 、 $C_3=0.852 \mu\text{F}$ 、 $L_1=L_2=3.1 \mu\text{H}$ である。直並列-直並列共振の場合は、 $C_2=0.2 \mu\text{F}$ 、 $C_3=0.681 \mu\text{F}$ で、それ以外は直並列-並列共振の場合と同様である。また、解析条件は送信側が直列の場合と同様である。

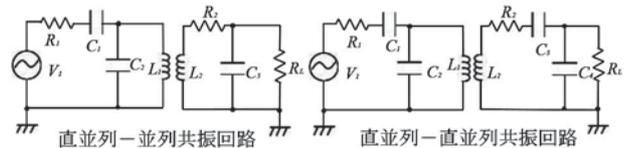


図 3-2 送信側が直並列共振回路の場合の回路構成

図 3-1 および 3-2 に示した回路のシミュレーション結果を図 3-3 および 3-4 に示す。解析結果は負荷抵抗 $R_L=324 \Omega$ の時(標準電圧 1.8 V・10 mW を想定)を示す。また、低結合状態と高結合状態で変化が現れた直列-並列共振と直並列-並列共振に焦点を当てたシミュレーション結果を図 3-5 に示す。図 3-3 の結果では、両方ともに受信側を並列共振とした方が直並列共振の数値を上回っている。

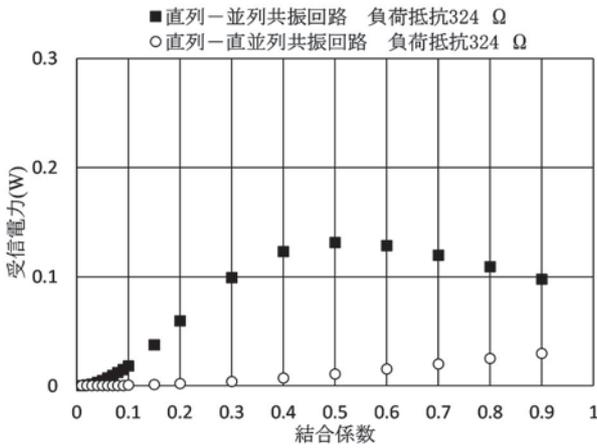


図 3-3 送信=直列,受信=並列または直並列の結果

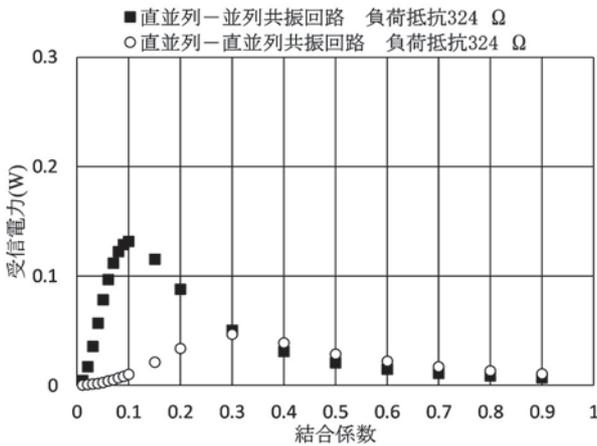


図 3-4 送信=直並列,受信=並列または直並列の結果

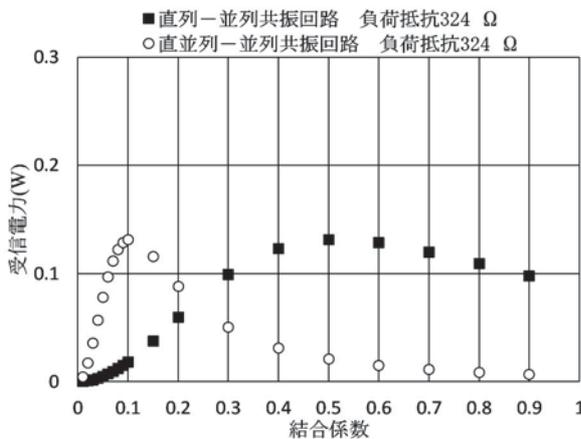


図 3-5 送信=直列または直並列,受信=並列の結果

この現象は、解析に使用した抵抗値のすべて同様である。直列で伝送した場合は並列で受信する方が多くの電力を取り出せる。これは、並列共振回路に交流電圧を印加すると電圧が極大値を取る特性が理由だと考えられる。一方、直並列の場合は直列と比べて Q 値が抑えられていることもあり、伝送能力が低下したと考えられる。

図 3-4 に示す送信側を直並列共振とした伝送の場合については、結合係数が 0.3 までは並列が直並列を上回っている。これは、シミュレーション回路図(図 3-2)の C_3 を算出するのに用いた式(3-3-1)が関係する。

$$C_3 = \frac{1}{(2\pi f)^2(1 - k^2)L_2} \quad (3-1-1)$$

ここで、 C_3 はキャパシタンス、 f は共振周波数、 k は結合係数、 L_2 はインダクタンスである。この解析では C_3 を $k=0.2$ と設定して設計した。結合係数を 0.2 に設定したのは距離に対する結合係数の変動具合を考慮したためである[4]。図 3-4 において結合係数の結果が 0.2 ではなく 0.3 にずれた原因は 2 つ考えられる。1 つ目は、計算に使用した各素子値を小数点第 3 位まで使用したことである。もう 1 つは、インダクタンスの大きさである。結合係数が 0.3 以上になると、並列または直並列で受信電力に大きな差は生じていない。高結合の場合は直列と並列の最適負荷に大きな差はないが、低結合になるにつれてその差は広がる[5]。そこで、直列共振のインダクタに対してキャパシタを並列に接続する。並列に接続したキャパシタンスと直列接続のキャパシタンスを調整してインピーダンスの整合をとることで、結合係数の変動で生じた最適負荷値の差の調整が可能となり、直列共振の特性を改善することが出来る。これを踏まえた上で結果を確認すると、直列-並列共振と比べて直並列-並列共振の最大受信電力は低結合付近にシフトしていることが確認できた。しかし、 $k=0.3$ を境に受信電力が並列共振、直並列共振ともに減少している。これは、送信側の Q 値を抑えて結合係数を低結合側にシフトさせたためである。最後に、低結合状態と高結合状態で変化が現れた図 3-5 についてまとめる。この結果では、 $k=0.25$ 付近で直列-並列共振と直並列-並列共振の入れ替えポイントが現れる。これは検証した 6 つの負荷抵抗すべて同様の付近に現れていることがわかった。

3.2 電力伝送の実測実験

ここでは、回路シミュレータの解析結果を基に、PCB 基板に設けたスパイラル型のインダクタを用いた実験結果を示す。実験の方法は、受信側回路を並列共振回路、送信側を直列または直並列共振回路の 2 種類として回路構成の違いを比較する実測を行った。実験では、電力源の AC 電源に HEWLETT PACKARD 33120A、電圧測定に Agilent 34401A 6 1/2 Digit Multimeter を使用している。

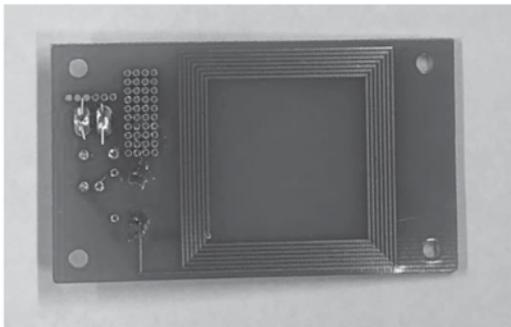
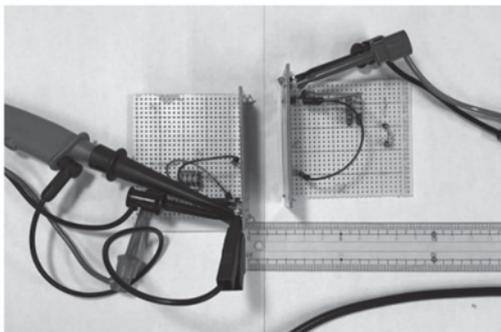
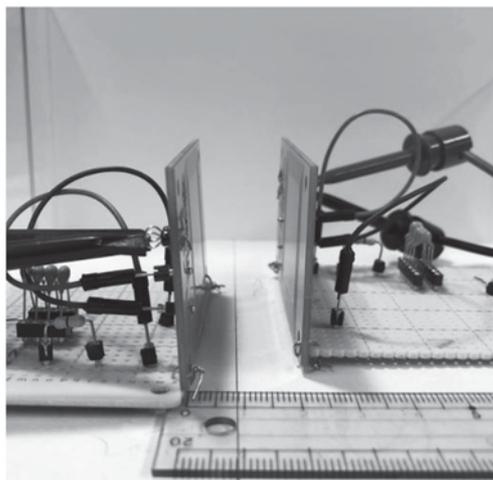


図 3-6 スパイラルインダクタを作製した基板

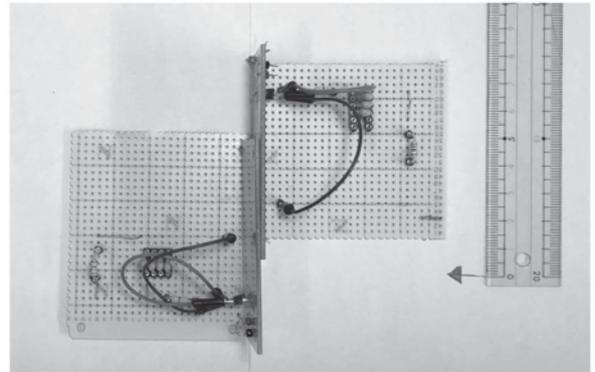


(a)上から見た回路

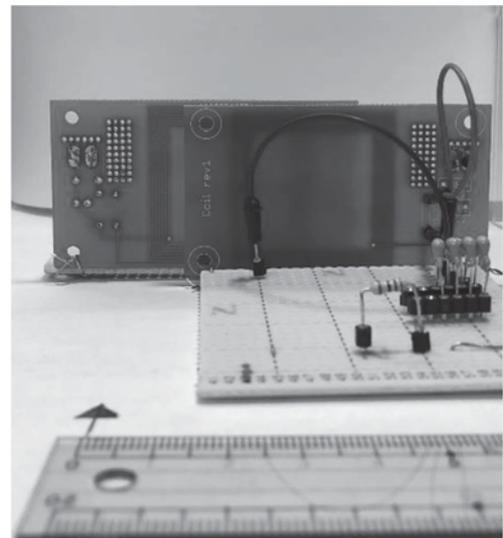


(b)側面から回路

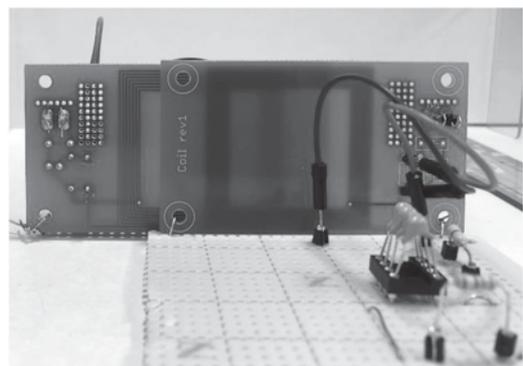
図 3-7 インダクタ間の距離を変更した時の実測風景



(a)上から見た回路



(b)送信側から見た回路



(c)受信側から見た回路

図 3-8 送受信インダクタの横方向位置をずらした時の実測風景

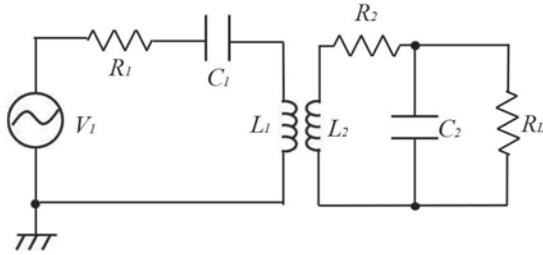


図 3-9 直列-並列共振回路の実測回路

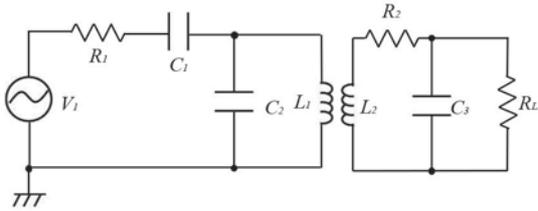


図 3-10 直並列-並列共振回路の実測回路

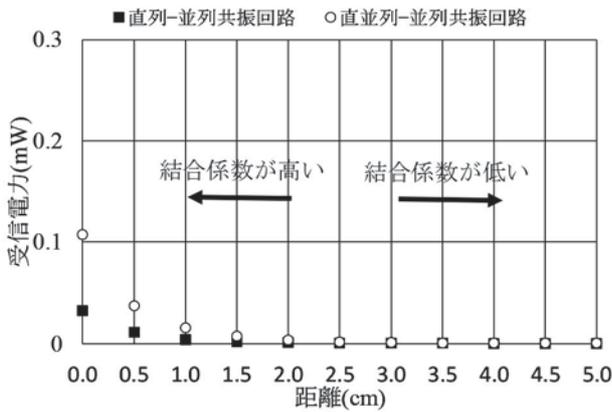


図 3-11 インダクタ間の距離を変更した実験結果

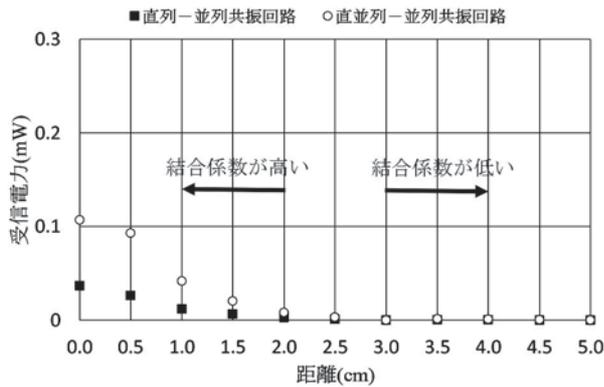


図 3-12 インダクタの位置をずらした実験結果

実験に使用した基板、実測風景および回路構成は図 3-6 から図 3-8 に示す。図 3-11、図 3-12 には、図 3-7 および図 3-8 に示した条件の実験結果を示す。この実験では、負荷での消費電力を 10 mW を想定した抵抗を用いている。図 3-11 のインダクタ間の距離を変更した場合と図 3-12 のインダクタの位置をずらした場合の結果からもわかるように、受信電力は、シミュレーション結果で予測した電力に比べ 1000 分の 1 程となった。この電力低下の原因は、インダクタ間の漏れ磁束の増大に伴う結合係数の低下である。本稿では、送受信ともに同じ大きさのインダクタを使用している。透磁率が高い材料をインダクタ間に置いて結合させた場合、理論上の結合係数は約 1 で漏れ磁束は少なく良好な結合状態となる。加えてインダクタ同士の位置ずれが起きない限り送受信電力のロスは少ないと考えられる。しかし、この実験では、インダクタ同士が接触している状態であっても想定した消費電力を下回っており、スパイラル形状のインダクタ間の結合による漏れ磁束で結合係数が低下したのではなく他にも原因が加わっていると考えられる。それは、想定していた共振周波数ではなく反共振周波数になっている可能性がある。反共振周波数とは、磁束の位相が 90°ずれている状態で、これではインダクタ同士を結合させる主磁束が形成されない状態であり [6]、本実験においても同様の状況であると考えられる。

3.3 非放射型無線給電の伝送効率および結果との比較

非放射型無線給電である電磁誘導方式、磁界共振方式および電界結合方式の大まかな伝送効率は図 3-13 に示す通りである。伝送効率は、伝送電力と電力伝送距離が関わってくる。磁界共振方式に焦点を当てると、伝送電力は 5~150 W 程度、伝送距離が 5 cm~数 m の間であれば、伝送効率 40%~60%程度は見込める。本研究での伝送効率は 1%程度で、効率改善されていないが、インダクタ同士の結合係数は距離が離れるほど低下する。この原理から低結合状態での効率改善が見込めるのは磁界共振方式で、かつシミュレーション結果からが直並列共振回路であることがわかった。

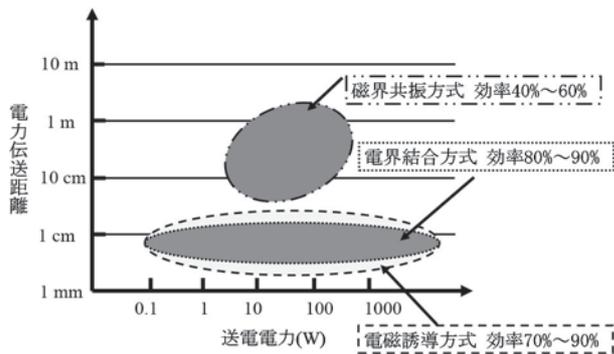


図 3-13 一般的な非放射型無線給電の伝送効率

4. シミュレーションおよび実測の考察

図 3-4 および図 3-5 に示した回路構成により受信電力のピークがシフトしたシミュレーション結果についての考察を述べる。図 3-3 から図 3-5 に示した結果よりシミュレーション結果において、 $k=0.25$ 付近を境に受信電力量の大小が入れ替わる。これは、回路構成と結合係数 k を考慮した素子値を選択することで現れた。この現象は、送信回路を切り替える機能を設けると、使用状況により変動する結合状態の影響を受けにくくした、インダクタ間の結合状態の変動に耐性を有する電力供給が可能になることを示している。これは、物理的に回路を切り替えるのではなく、図 3-2 に示した C_1 と C_2 を調整ことで実現できる。簡易的な調整の方法として、可変キャパシタによって実現することが考えられる。この他、バリアブルキャパシタに負帰還を設けた方式など複数の機能が考えられる。また、低コストを重視する場合は、送信側回路を切り替えるのではなく、解析で得られた結果をもとに回路を選定することも考えられる。使用用途で要求される結合係数を基に送信側回路を選択する。これは、受信側を並列共振で固定した場合で、かつ固定キャパシタンスのもので設計を行う。図 3-3 から図 3-5 に示した結果をもとにすると、本稿と同様の設計方法であれば、低結合では直並列、高結合では直列共振による伝送が適していると言える。実際に使用する場合は解析結果よりも低結合状態が予想される。そのために、結合係数 0.05 までに選択ができるようにする必要があると考えられる。

次に実測結果についての考察を述べる。実験を行うにあたり、事前に送信および受信の周波数特性は測定して確認している。しかし、反共振周波数の傾向が結果から見受けられる。このようになった可能性として考えられるのは各素子の値である。シミュレーション解析では算出した数値を使用している。実験の場合も使用しているが可変素子ではないため算出値とのずれが生じる。この原因を解決するには、各回路に使用する素子(インダクタを除く)を可変にすると回避・調整が可能になる。なお、可変素子を使用した場合は共振周波数に合わせる時のみ使用する。

5. 結言

本稿では、ミリワット(mW)レベルの無線給電に関して効率向上を目的とした回路構成の検討を述べた。回路構成については、直列と並列に生じる最適負荷の差を改善できる直並列共振による伝送が適していると考えられる。ただし、近傍下であれば直列共振による伝送でも可能であることを示した。

参考文献

- [1] 「送電線等の電力設備まわりに発生する電磁界の健康影響に関する講演会」, 経済産業省, 平成25年度
- [2] 村瀬 雅俊 准教授, 「電磁波と生体への影響」の現状と展望, 京都大学基礎物理学研究所非平衡系物理学, 2004
- [3] 木場大樹, 「無線給電の高効率化に関する研究」, 2018年度長崎総合科学大学卒業論文
- [4] Klaus Finkenzeller, 『RFID ハンドブック』, 日刊工業新聞社, 2004年
- [5] 太田 佑貴, 平成26年度学位論文, 「電磁誘導型非接触電力伝送システムの設計手法に関する研究」, 東北大学大学院, 2015
- [6] 牛嶋昌和, 「ついに突破口が見つかったワイヤレス給電の新方式—磁界共振理論の誤りを微修正するだけ—」, WQC 株式会社, 2016
- [7] 庄木裕樹, 「ワイヤレス電力伝送(WPT)技術の実用化に向けた動向と今後取り組み〜制度化、国際協調、標準化の動向と普及に向けた活動〜」, 東芝 研究開発統括部 技術企画室, 2015年

一枚平板を対象に振動エネルギー最小化を目指した 制振材の適正配置に関する研究

黒田 勝彦*¹

Study on Proper Arrangement of Damping Material Aiming at Minimizing Vibration Energy for a Flat Plate

KURODA Katsuhiko

Summary

A structural optimization method of subsystems to realize desired SEA parameters was proposed by the authors in the past studies. This method is based on a combination of SEA and FEM calculation, calculating repeatedly until satisfying the value of objective functions under arbitrary constraints. As a result of applying the proposed method to a simple structure consisting of two flat plates connected in an L shaped configuration, the design variable is taken as the thickness of the FEM element, a subsystem structure with the desired value of the CLF or power flow between subsystems for the one frequency band or multi frequency bands were constructed. However, it is difficult to apply the optimal results to real machine structure because of setting the thickness of the FEM element as the design variable. In this paper, the method is also validated through numerical analyses, using a finite element method, of a flat plate, the plate is grouped into a plural elements, and the each grouped element is set as a design variable, which should take a discrete value, the total mass is taken as a constraint function in order to minimize the vibration energy at one frequency band. As a result, in comparison with experimental data, numerical analysis results are qualitatively accurate.

Keywords : (Shape Design, Modeling, Finite Element Method, Forced Vibration)

1. はじめに

現在自動車産業においては、燃費向上のため車体の軽量化が求められ、高剛性の薄板が使用されることにより、高周波数までの振動騒音解析が求められている。機械の低振動・低騒音を実現するために、従来の固有振動数や

周波数応答関数（以下 FRF）を目的関数とした最適化手法に対して⁽¹⁾、著者らによって、統計的エネルギー解析法（Statistical Energy Analysis; 以下 SEA）⁽²⁾を用いた構造要素間のエネルギー流れに着目し、結合損失率（Coupling Loss Factor; 以下 CLF）を目的関数とした構造

*¹ 工学部 工学科 機械工学コース 教授

適正化が提案された⁽³⁾。一般的に、FRF のピーク値を目的関数とした従来法は、離散周波数の振動ピークに注目しているため、複数の固有振動数が含まれる場合など目的関数の設定が容易ではないが、多モード系に対する振動音響解析手法である SEA は、対象系を要素の集合体とみなし、要素間のパワー平衡に注目する手法であり、要素間のエネルギー流れを SEA パラメータである結合損失率で示し、結合損失率を目的関数に設定することでエネルギー流れに着目した構造最適化が実現しやすいと考えられる。さらに、SEA は空間と周波数で平均する手法であるため、目的関数を従来法に比較して少なくすることが可能であり、また従来法の局所的に最適化された結果に対して、要素の空間平均を対象とするため比較的大局的な最適化結果が得られ、実際の板厚変更などに適用しやすい最適化が行われる傾向にあることが示された⁽³⁾。

これまで著者らは、実験 SEA をベースとした固体音低減プロセスを提案し⁽⁴⁾、各種機器に適用し有効性を検証してきた。このプロセスは、対象全系から固体音を低減するために有効な箇所、すなわち変更すべき SEA パラメータ（内部損失率や結合損失率）の特定を目指したものである。これまで、特定された結合損失率の値を変更させるためには、解析 SEA で使用される結合損失率の評価式⁽⁵⁾を用いて部材構造の変更案を検討してきた。しかし解析 SEA の算出式では具体的な構造変更案は導かれず、また要素の詳細形状が把握できないため、構造物の詳細検討は不可能であった⁽⁶⁾。そこで著者らは、具体的な構造検討が可能な FEM モデルを用いた SEA 要素形状の適正化手法の開発を目指し、これまでに対象系全体ではなく注目した部分構造のみを対象とした FEM モデルを用いて、結合損失率を評価する手法（FEM-SEA）を検討してきた⁽⁷⁾。FEM モデルを用いることにより、FEM でしか解析できないような複雑な構造物（例えば凹凸や曲率付加のある一様でない構造物や連続でない穴の開いた構造物）を詳細に検討することが可能である。しかし現在の加工技術では、サブシステムの各 FEM 要素の板厚を設計変数とした構造最適結果を具体化することはきわめて困難であり、何かしらの改善策が望まれている。

SEA の構造最適化問題への適用について、解析 SEA を用いて車内音圧の低減を目的に、各 SEA 要素の板厚と内部損失率を設計変数にして検討した例⁽⁸⁾や、各損失率を

設計変数にして検討した例⁽⁹⁾がみられる。またエネルギー有限要素法という手法も近年確立されてきており、船体の居室内振動の低減を目的に、グループ分けされた要素の損失係数を設計変数にして検討した例⁽¹⁰⁾がみられる。しかし、要素の具体的な構造については検討されていない。

以上の背景の下、本報では将来の複数要素の SEA 計算を視野にいれ、一枚の薄板平板を対象に平板を任意の数のグループに分け、そのグループ分けした要素を設計変数として 2 値（オリジナルと制振材）から選択できるような最適化方法を構成した。そして、質量を制約条件として単一の周波数帯域の振動エネルギーの最小化を目指し構造最適化を行い、その結果を実験的に検証した。

2. 基礎理論

2.1 FEM ベースの構造最適化 著者らによって開発された SEA による構造最適化のフローチャートを図 1 に示す。本報では、図中 (1) で以下の式より要素エネルギーが計算され、(2) の SEA パラメータの計算は省略され、(3) では制約関数として対象物の質量の判定が行われる。

$$E_i = \frac{1}{2} \text{Re} \left[m_i v_{ik} v_{ik}^* \right] \quad (1)$$

ここで、 $\text{Re}[\]$ は実数部、 $*$ は複素共役である。 m_i は要素 i の質量、 $v_{ik} (k = 1 \sim n)$ は要素 i の応答点 k における速度応答スペクトルである。

文献 (3) によれば、加振方法として、rain-on-the-roof 加

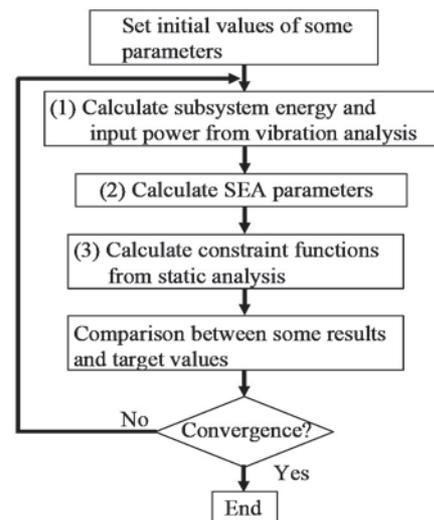


Fig.1 Flowchart of optimization procedure.

振⁽¹⁾が用いられてきたが、加振点数が多くなるため解析コストが高いという問題がある。そこで、著者らにより FEM を用いた実験 SEA モデル構築において、rain-on-the-roof 加振に代替する方法として、基礎励振の一種であるラージマス解析を用いた方法の有効性が検討され⁽¹²⁾、本報では加振方法として、ラージマス解析を用いることとする。

2.2 最適化問題の定式化 FEM 要素形状を決定する最適化問題の定式化は、従来から検討されてきた構造形状の最適化問題と同様に扱う。本研究での目的関数は FEM の節点応答から得られる振動エネルギーであり、それらを最小にする場合を例に定式化を行う。

設計領域 D において、制約関数 $g(\{x_j\})$ の制約のもと、周波数帯域 i における目的関数 $E_i(\{x_j\})$ を最小化する場合、以下ようになる。

$$\text{Minimize } \sum_i (E_i(\{x_j\})) \quad (2a)$$

$$\text{Subject to } g(\{x_j\}) - g_{\max} \leq 0 \quad (2b)$$

$$\{x_j\}^L \leq \{x_j\} \leq \{x_j\}^U \quad (j = 1, \dots, n) \quad (2c)$$

ここで、 g_{\max} は $g(\{x_j\})$ の上限値である。

3. 1枚の薄板鋼板での検討

3.1 対象構造物と問題設定 図2に示す幅 0.6 m、高さ 0.3 m、厚さ 1.6 mm の薄板鋼板の平板構造物を対象とし、実験結果と比較しやすいことから、境界は自由支持とする。最適計算において生板と生板に制振材貼付（ブチルゴム 2 mm）の2値を選択する際の基準となる構造物の材質特性を決めるにあたり、図3で示す生板と制振材を全面に貼付した FRF の実験結果（実験はインパクトハンマーによる図2位置の点加振で加振点応答）を比較することにより、生板と制振材の密度 7542 kg/m^3 と 9651 kg/m^3 及び ILF 0.1% と 5% をそれぞれ決定した。なお、縦弾性係数 $2.11 \times 10^{11} \text{ Pa}$ とポアソン比 0.3 は、生板と制振材貼付で同値とした。モデルの作成には、汎用有限要素解析ソフトウェア ANSYS Ver.16.1（要素タイプは弾性シェル要素 shell181）を使用し、1/3 オクターブの計算には MATLAB を、構造最適化には、CAE プロセスの自動化と統合化及び最適化が可能な OPTIMUS10.18 を使用する。

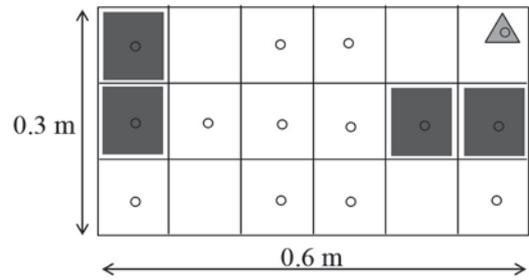
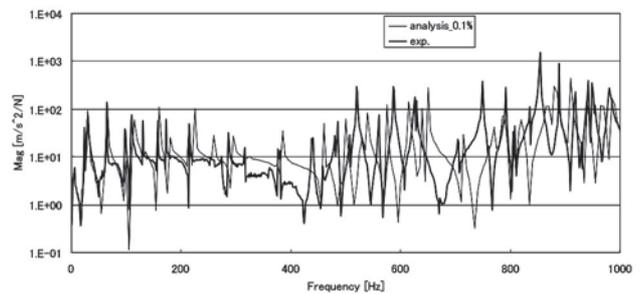
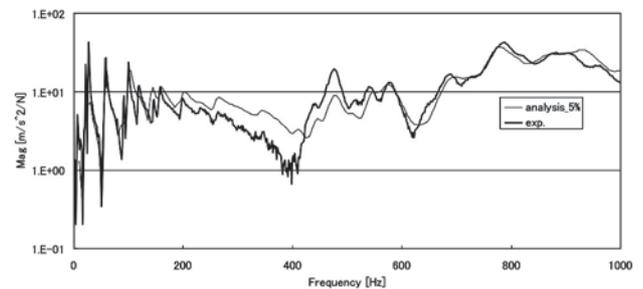


Fig.2 Test-plate structure: points marked “▲” is rigid-body points for large-mass method and excitation location, “■” are structure modified location, and “○” are response locations by experimental test.



(a) Magnitude results by bare plate.



(b) Magnitude results by bare plate with rubber.

Fig.3 Comparison between the analytical and the experimental results of FRF.

要素サイズは、1k Hz の曲げ波長に 6 節点が含まれるように $0.02 \text{ m} \times 0.02 \text{ m}$ とすると、節点数は 648、要素数は 450 となる。ラージマス解析においては、ラージマスの設置前後での固有振動数の違いの小さい平板のある節点位置（幅 0.56 m、高さ 0.26 m）から鉛直方向に 0.3 m 離れた節点に平板の質量に 10^6 倍掛けた質量を設け、振動加速度が 9.8 m/s^2 で平板の面外方向に加振する。要素エネルギーは、すべての節点の応答変位を 25 Hz から 1k Hz まで 5 Hz 刻みで算出しエネルギー計算を行った後、50 Hz から 800 Hz までの 1/3 オクターブ帯域周波数特性を MATLAB で算出した。

最適計算においては、図2に示すように平板を18エリアにグループ分けし、加振要素を除く17エリアで2値が選択できる設計変数とした。制約条件は質量で生板が2.17 kgであり、上限を4エリアまでの制振材付加とし、上限値は2.31 kgである。目的関数は、図5で示す対象周波数範囲で最大値 (2.30×10^{13} J) を示した125 Hz帯域とした。

3.2 数値解析による最適化結果 OPTIMUSのソフトウェア上では最適化アルゴリズムが選択でき、本報では、一般的な非線形計画問題に対して大域的最適化手法の一種であるSelf-Adaptive Evolution (以下SAE)を用いた。また大域性を向上させるため1回の実験で設計変数の5倍、すなわち85個の個体が生成される設定とした。なお繰り返し回数は、最適解を得るのに局所的最適化法に比較して計算時間がかかるため、9回で打ち切った。図4に125 Hz周波数帯域における最適化の過程で得られた反復数と最適化の目標である振動エネルギーの推移結果を示す。図4には、各実験の中で最小値のみを示した。図2に最適化結果の制振材貼付位置を示す。また図5に振動エネルギーの初期値と最適化結果の比較を示す。なお最適化結果とは、9回の反復計算から最小値となる6回目の反復で得られた結果である。さらに、最適化前後の剛体モードを除く最初の10次までの固有振動数の比較結果を表1に示す。

図2の結果より、最適化結果は制約上限の4箇所の制振材貼付となり、質量は初期値の2.17 kgから2.31 kgになった。図4より反復1回で、振動エネルギーが初期値の98%程度まで減少していることがわかる。最適化結果は、初期値 (2.30×10^{13} J) に対し 3.30×10^{11} J に減少し、初期値の約1%の値となった。また図5より、100 Hz以上の周波数帯域では200 Hzを除いた全ての周波数帯域で初期値に比べて小さな値となっている。表1より、6次から8次までが対象となる周波数帯域に関連しており、最適化前後の数値に大きな違いは見られず、形状に関しては本報では詳細は省略するが、初期状態と最適化結果で6次と7次のモード形状の入れ替わりが見られた。

今回の構造最適化においては、125 Hz帯域のみを目的関数としたが、概ね全ての帯域に有効な構造最適化が実現できたと言える。

3.3 実験内容 実験においては、鋼板の4隅をゴムに

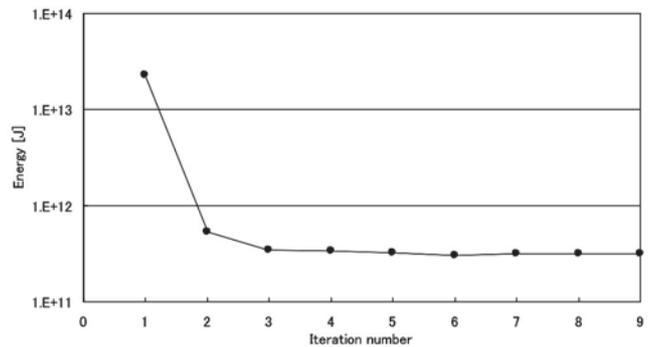


Fig.4 Iteration history for the objective function subsystem energy in the 125 Hz band.

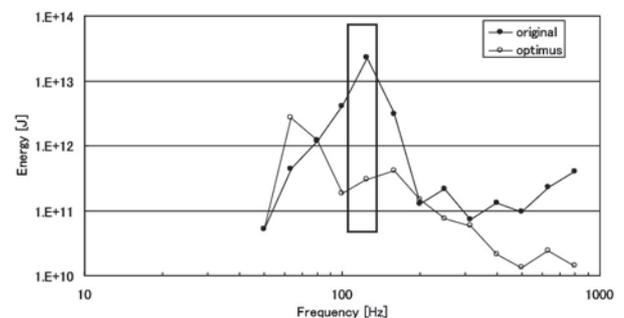


Fig.5 Comparison between the initial values and optimum values of the subsystem energy.

Table 1 Comparison between the initial values and optimum values of the natural frequencies except for the rigid mode. Unit Hz

Order	Initial	Optimus
1	24.2	23.2
2	29.8	29.1
3	65.5	64.1
4	66.9	65.1
5	98.1	95.2
6	113.4	110.0
7	115.7	112.1
8	133.1	128.9
9	159.9	155.2
10	178.3	175.7

より吊り下げた自由支持の状態、FFTアナライザー(小野測器, DS3200)にハンマー(DYTRAN, 5800SL)、加速度計(PCB, 352A24)を接続し、5回のパワースペクトル加算平均を矩形窓関数で0 Hzから2k Hzまでの1.25 Hz刻みの離散周波数で測定した。振動エネルギーの計測は、FFTのチャンネル数の制約から図2

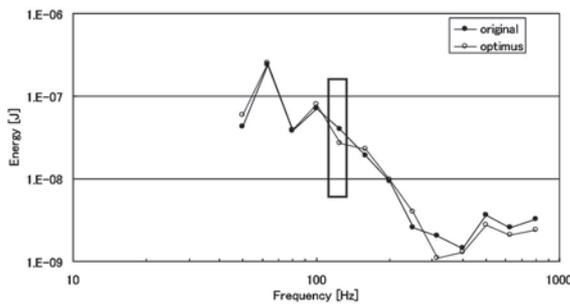


Fig.6 Comparison between the initial values and optimum values of the subsystem energy by experimental test.

に示す加振点を除く 13 エリアの中心付近とし、加速度応答から以下の式より振動エネルギーを算出した。

$$E_i = \frac{m_i \sum_{k=1}^{13} (a_{ik}^2 / 13)}{2\omega^2} \quad (3)$$

ここで、 $a_{ik} (k = 1 \sim n)$ は要素 i の応答点 k における加速度応答スペクトルである。

3.4 結果の比較と考察 図 6 に実験による振動エネルギーの初期値と最適化結果の比較を示す。最適化結果は、初期値 3.99×10^{-8} J に対し 2.71×10^{-8} J に減少し、初期値の約 68 % の値となった。また図 6 より、125 Hz 以上の周波数帯域では 160 Hz から 250 Hz を除いた全ての周波数帯域で初期値に比べて小さな値となり定性的に良好である。実験と解析結果の違いは、加振法と応答点の個数と位置により生じるものと考えられる。

以上の結果より、一枚の薄板鋼板の平板構造物を対象とした制振材の適正配置に関する構造最適化と実験による結果の検証を行った結果、数値解析結果と実験結果は概ね定性的に一致しており、本手法の有効性が示せた。

4. おわりに

本報は、一枚の薄板平板を対象に平板を任意の数のグループに分け、そのグループ分けした要素を設計変数として 2 値から選択できるような最適化方法を構成し、質量を制約条件に単一の周波数帯域の振動エネルギーの最小化を目指し構造最適化を行い、その結果を実験的に検証した。

その結果、固有振動数変化の影響の少ない最適化結果が得られ、数値解析結果と実験結果は概ね定性的に一致しており、本手法の有効性が示せた。

今後は、本手法の更なる有効性を検討するため、①複数の周波数帯域の目的関数を同時に最適化すること、②高速化、③複数の要素の SEA 解析へ発展させること、④音圧を目的関数とすること、⑤振動低減や音圧低減を目指した実機構造物への適用、が必要であると考えている。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人 JKA の競輪*の補助 (2017M-114, 2018M-132)、公益財団法人スズキ財団の科学技術研究助成及び長崎総合科学大学新技術創成研究所からの助成を受けたものであり、ここに謝意を表す。

参考文献

- (1) 古屋耕平, 吉村卓也, 須藤晶, 成國星哉: 振動音響連成系の音圧最小化問題に対する最適性の考察とそれに基づく構造最適化: 第2報, 固有振動数における音圧の低減を図る場合, 日本機械学会論文集C編, Vol. 73, No.731 (2007), pp.2080-2087.
- (2) R. H. Lyon: Statistical Energy Analysis of Dynamical Systems: Theory and Application, MIT Press, (1975).
- (3) 黒田勝彦, 山崎徹, 鞍谷文保: 所望のSEAパラメータを実現する要素形状の適正化, 日本機械学会論文集C編, Vol. 79, No.799 (2013), pp.1012-1023.
- (4) 山崎徹, 黒田勝彦, 森厚夫: SEAによる機械製品の固体音低減プロセス, 日本機械学会論文集C編, Vol. 73, No.726 (2007), pp.446-452.
- (5) M. Norton, and D. Karczub: Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers, Cambridge 2nd edition, pp. 417-418.
- (6) 山崎徹, 黒田勝彦: 固体音解析における解析SEAパラメータのFEMによる検証, 日本機械学会論文集C編, Vol. 74, No.744 (2008), pp.1963-1970.
- (7) 山崎徹, 黒田勝彦, 鎌田実: 部分構造を対象としたFEMによるSEAパラメータの評価 (FEM-SEAの提案), 日本機械学会論文集C編, Vol. 74, No.747 (2008), pp.2655-2661.
- (8) C. Arun and M. Dhanesh: Optimum Design of Vibroacoustic Systems using SEA, International Journal of Acoustics and Vibration, Vol. 13, No.2, 2008, pp. 67-72.

- (9) T. Bartosch and T. Eggner : Engine noise potential analysis for trimmed body: Optimisation using an analysis sea gradient computation technique, *Journal of Sound and Vibration*, 300, 2007, pp. 1-12.
- (10) G. A. Borlase and N. Vlahopoulos : An energy finite element optimization process for reducing high-frequency vibration in large-scale structures, *Finite Elements in Analysis and Design*, 36, (2000), pp. 51-67.
- (11) B. R. Mace and P. J. Shoter, Energy Flow Models from Finite Element Analysis, *Journal of Sound and Vibration*, 233, (2000), pp. 369-389.
- (12) 黒田勝彦, 並川修平 : 基礎励振による構造SEAモデルの自動車パネルへの適用, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2018, 315.pdf (東京, 2018-8) .

造船工程計画のための新技術 RCPSP 法について

梶原 宏之*¹

RCPSP methodology as a new technology for shipbuilding-process scheduling

Hiroyuki Kajiwara *

Summary

The paper represents a new technology for shipbuilding-process scheduling, which is named as RCPSP methodology. It consists of both formulation as RCPSP (Resource Constraint Project Scheduling Problem) and solution using its solver OptSeq developed by Profs. Kubo and Nonobe. In most shipyard, they are suffering from not only process scheduling but also assigning block fabrication places called as “Joban Keikaku” in Japanese, which are strongly coupled each other. In order to show that RCPSP methodology can solve such a problem, it is shown how a benchmark problem is solved which reflects the complicated constraints in shipbuilding process.

Keywords : shipbuilding process, scheduling problem, RCPSP, OptSeq

1. 緒言

ブロック建造を行う造船工程は、ブロック組立工程とブロック搭載前工程（プラスト・塗装、艀装、総組、ストック）に大きく分けられる。これらの日程計画、配置計画、配員計画、運搬計画に対して、受注環境に応じた平準化、および予実管理に伴うリスケジューリングを迅速かつ有効に満足させることは、造船業の長い歴史に照らしても今なお重要な問題といえる。

造船工程は線表から、まず最下流のブロック搭載日程が確定するので、これから前工程（総組等）を計画し、そして組立工程を計画するように、上流の工程をプルしていくのが理想的である。しかしながら、これは逆順に（逆時間で）作業を考えなければならないので、その立案・実施は容易ではない。そこで現実には、上流から下流に向かってプッシュし、ブロックの流れを滞らせることなく、またストック溢れを起こすことなく、決められ

た搭載日に間に合わせなければならない。近年は工程のペースダウンの要請もあると聞く。これらは造船工程の場合、作業数・リソース種類の多さのため至難の業といえる。

さらに、ブロック組立工程には、造船工程特有の定盤計画が必要となる。すなわち各ブロックを定盤のどこで、いつからいつまで使用するかの計画を立てなければならない。これは日程計画と配置計画がお互いに関連していることから、極めて煩雑な作業となり、計画担当者を悩ませている。ちなみに定盤計画を回避できるのはコンベア方式の組立ラインだけで、この場合は平準化のための投入順番が課題となる。

以上、造船工程計画の困難さを述べたが、この問題をどのように定式化し、どのように解くのがよいのだろうか？ 文献(1)において、拡張された RCPSP（資源制約付きスケジューリング問題）のソルバーの開発が行われ、

*¹ 新技術創成研究所 特命教授

計算時間と解の質の間のトレードオフが図られ、適用例として大型構造物の組立工程計画が示されている。このソルバーは OptSeq として商用化され、その解説は文献(2)に示されている。著者は、過去2年間、いくつかの造船所の協力を得て、造船工程計画問題の RCPSP 定式化と OptSeq による求解するアプローチ、すなわち RCPSP 法の有用性について検討してきた。まだ、実用化には至ってはいないが、RCPSP 法の概要を示すことができる段階に来ているので、ここに報告させていただく。

2. RCPSP ソルバー—OptSeq

RCPSP (資源制約付きスケジューリング問題) とは、各作業の開始時点を、先行制約と資源制約を満足するように決定する問題である。このソルバーとして開発された OptSeq が取り扱うことのできる拡張された RCPSP を正確に記述することは文献(1)に譲り、ここでは OptSeq を利用する立場から、そのいくつかの特徴について述べる。

OptSeq の適用は、問題定式化 (モデルの生成) と問題求解に分けられる。前者は

- ・リソースの定義 (再生不可能資源/再生可能資源)
- ・作業情報の定義 (作業名、作業期間、必要資源等)
- ・アクティビティの生成とモードの定義
- ・先行関係の定義 (CS/SS/CC/SC、delay)

などからなり、後者は次からなる。

- ・評価関数の指定 (メイクスパン/納期遅れ総和)
- ・計算時間の指定 (デフォルト 600 秒)
- ・近傍数の指定 (デフォルト 20 個)

また、どのアクティビティよりも開始が早いアクティビティとして source が、どのアクティビティよりも完了が遅いアクティビティとして sink が予約されている。たとえば、source をブロック組立の最早開始日、sink をブロック搭載の最遅完了日にとることが考えられる。

OptSeq の最も基本的な特徴は、すべてのアクティビティを source に向かって左詰めすることである。これはプッシュ型計画相当といえる。このとき先行制約と資源制約は絶対制約として満足させられ、これはある最適化問題をタブーサーチ法により解いて行われる。評価関数としては、メイクスパン (最大完了時点) と納期遅れ総和のいずれかを指定できる。ここで、納期は絶対制約ではなく考慮制約として扱われている。納期日にジャストイ

ン (右詰め、プル型計画相当) したい場合は、すべてのアクティビティを逆順に (逆時間で) ならべ、仮想的な開始日 (=リードタイム-納期日) に左詰めし、その結果を折り返すことによる。

OptSeq の次の特徴は中断機能である。これはある作業前後の待機や作業間の待機を、それらの待機期間があらかじめ指定できないにもかかわらず設定できる。待機の場合、中断中も資源 (特に場所) を使用することになるが、同じ場所を使うその場待機と、場所を移動する置き場待機を区別できる。ちなみに、資源の供給レベルは時変とすることができるので、これによって適当な中断期間を挿入しながら平準化ができる。

OptSeq の更なる特徴は、あるアクティビティに複数のモードが設定される時、どのモードを選択するかを様々な制約を満足させた上で決定することである。この機能は造船工程では定盤計画に有用となる。モード選択には優先順位をつけることができるが、これを最適化問題の解として得るために OptSeq 内部で適切な制約式の設定が行われている。

3. OptSeq の造船工程計画への適用

OptSeq の利用を前提にしたとき、プッシュ型計画が良いのか、それともプル型計画が良いのかを考察した結果を Fig.1 に示す。OptSeq は左詰めしかできないので、開始日が決まっておればプッシュ型、納期厳守であればプル型 (逆順・左詰め) となる。

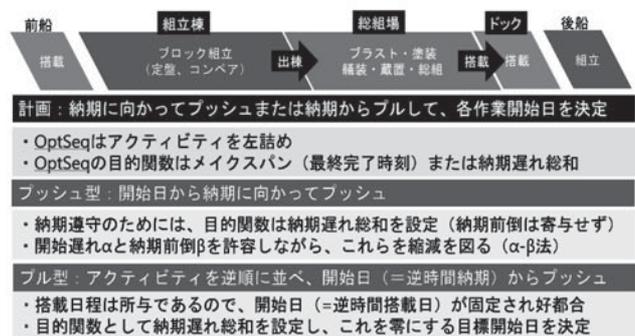


Figure 1: Push-type or pull-type Scheduling

前者が当てはまるのは組立棟の場合であるが、基本は評価関数をメイクスパンに設定し、リードタイムの短縮を図ることである。一方、納期遵守のためには評価関数

を納期遅れ総和に設定するが、一般にはジャストインとならず、また開始日が早すぎて待機場所が不足する場合は初期解が求まらないことがしばしばある。その場合はFig. 2に示すように開始遅れと納期前倒を許容することが求められる。

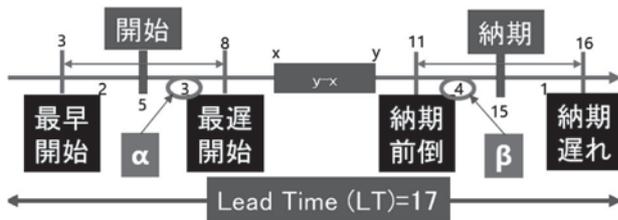


Figure 2: Push-type or pull-type Scheduling

後者が当てはまるのは出棟後搭載までの場合である。通常、搭載日程（または進水日）は所与とされるので、開始日＝リードタイム－搭載日が固定され、ここに左詰めすればよいので好都合である。納期日＝リードタイム－開始日となるが、評価関数を納期遅れ総和に選び、これが零になるまで最適化を繰り返すことになる。

もし造船工程全体の最適化を行うのであれば、下流から上流に向かってプル型で計画していくことになる。

また、造船工程計画は前後船の計画が絡んでくるのが常であるので、1隻分だけの計画では十分といえない。

さらに予実管理のためには、仕掛品が使用しているリソースを除いて再計画する手法が必要となる。

さて、Fig. 3に定盤計画の基本的な考え方を示す。これは定盤をメッシュ化して、各メッシュを資源として許容量1で登録する。モード定義の際に、ある起点からブロックのサイズで決まる終点までのメッシュを必要とするとする。これをOptSeqに選択させることにより、定盤計画を達成するという考え方である。実はこの方針は複数クレーンの同時使用の場合も適用できる。

4. 造船工程計画のベンチマーク問題

自明な解をもつ簡単な例題（ベンチマーク問題）を用いて、定盤計画がOptDeqでどう解かれるかを示す。



Figure 3: Resource definitions in "Joban Keikaku"

いま、一隻当たり2個のブロックを組立棟で製作し、出棟後プラスト・塗装を終えて搭載するという例に対して、次の5種類のリソースを考える。

- ・組立定盤(20m×12m)のメッシュ区画(2m×2m) : 60個
- ・塗装棟(ブロック収容数1) : 1棟
- ・待機場所(ブロック収容数1) : 1区画
- ・クレーン時間帯(10時間×3台) : 30時間帯
- ・取付職(A社取付1名、B社取付2名) : 4名
- ・溶接職(A社溶接4名、B社溶接4名) : 8名
- ・艀装職(A社艀装2名、B社艀装2名) : 4名

これらのリソースを使って、2つのブロック

- ・B1(L10m×B6m×H3m)
- ・B2(L10m×B4m×H2m)

を製作するものとする。

ブロックB1、B2はそれぞれ15、10個のメッシュ区画を必要とする。各メッシュ区画には許容量1を与える。仮に資材などを置いて使用できない区画あればその許容量は0に設定する。

ブロックB1の搭載にはクレーン1と2を、ブロックB2の搭載にはクレーン3と4を同時に使用するとする(共吊り)。仮に高さ制限がある場合は各メッシュ区画に高さの許容量を定義し、これをブロックの高さだけ使用するという問題設定を行う。

ブロックB1とB2の作業は取付・溶接・艀装、必要な職人数をA/B班から割当てるものとする。ただし、ブロックB1については取付作業の途中から溶接作業を始めるものとする。

出棟後のブロックは塗装作業を経て搭載される。搭載前は待機をさせる(置き場待機)。塗装棟が空いてないときは出棟を遅らせることもできる(その場待機)。

以上の諸条件を勘案したベンチマーク問題のデータとリソースをそれぞれ付録1と付録2に示す。また、求解プログラムの一部を付録3に示す。

activity	mode	start	duration	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100_B1_組立	mode[003_1][3_0][10_20_30]	0	6	■	■	■	■	■	■						
100_B1_塗装	mode[004_1][0]	6	1							■					
待機005	mode[005_0][0]	7	0								□	□	□		
100_B1_搭載	mode[005_1][7]	10	1											■	
100_B2_組立	mode[008_1][0_2][11_21_30]	2	7			■	■	■	■	■	■				
100_B2_塗装	mode[009_1][0]	9	1											■	
待機010	mode[010_0][0]	10	0											□	
100_B2_搭載	mode[010_1][3]	11	1												■

Table 1 Scheduling Result of the benchmark problem

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
102	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
103	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
104	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
105	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
106	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
107	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
108	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
109	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
112	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
113	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
114	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
115	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
116	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
117	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
118	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
119	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
121	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
122	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
123	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
124	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
125	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
126	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
127	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
128	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
129	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
130	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
131	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
132	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
133	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
134	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
135	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
136	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
137	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
138	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
139	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
140	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
141	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
142	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
143	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
144	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
145	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
146	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
147	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
148	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
149	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
150	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
151	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
152	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
153	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
154	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
155	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
156	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
157	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
158	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
159	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figure 4: "Jouban Keikaku" of the benchmark problem

OptSeqによるベンチマーク問題の求解結果は、日程計画(Table 1)、定盤計画(Fig.4)、クレーン稼働計画(Fig.5)からなる。詳細は紙幅の関係で省略させていただく。

	10	11	12
C00	1	1	1
C01	1	1	1
C02	1	1	1
C03	1	1	1
C04	1	1	1
C05	1	1	1
C06	1	1	1
C07	1	0	1
C08	1	0	1
C09	1	1	1
C10	1	1	1
C11	1	1	1
C12	1	1	1
C13	1	1	0
C14	1	1	0
C15	1	1	1
C16	1	1	1
C17	1	0	1
C18	1	0	1
C19	1	1	1
C20	1	1	1
C21	1	1	1
C22	1	1	1
C23	1	1	0
C24	1	1	0
C25	1	1	1
C26	1	1	1
C27	1	1	1
C28	1	1	1
C29	1	1	1

Figure 5: Crane operation planning of the benchmark problem

5. おわりに

RCPSP法を実際の造船工程計画に適用する場合、アクティビティの数は数百個～数千個になり、モードの組合せは10の数百乗～数千乗という天文学的な数になるが(例題で1228800通り)、OptSeqの利用によって数分～数十分で求解可能であり、現在その評価を行っている。

参考文献

- (1) 野々部, 茨木: 資源制約付きスケジューリング問題の定式化と近似解法, 数理解析研究所講義録 vol.1120, pp.88-97 (1999)
- (2) 久保 小林, 斉藤, 並木, 橋本: Python言語によるビジネスアナリティクス, 近代科学社 (2016)
- (3) 梶原: 造船工程計画問題のRCPSP定式化とOptSeqによる解法, 日本船舶海洋工学会講演論文集 (1999)

付録1 例題のデータセット

No		作業					作業期間・開始日・納期					先行制約				
搭載No	アクティビティNo	船番	ブロック名	アクティビティ名	作業名	作業ID	作業日数	作業日数合計	開始日	納期(順時間)	納期(逆時間)	後続アクティビティ	後続アクティビティNo(順時間)	CS差(順時間)	後続アクティビティNo(逆時間)	CS差(逆時間)
1	#1	100	B1	100_B1_取付	取付	1	1	1	2	3	12	100_B1_溶接	2	0	0	0
1	#2	100	B1	100_B1_溶接	溶接	2	3	3	3	6	11	100_B1_舳装	3	0	1	0
1	#3	100	B1	100_B1_舳装	舳装	3	2	2	6	8	8	100_B1_塗装	4	0	2	0
1	3	100	B1	100_B1_組立	組立	1, 2, 3	1, 3, 2	6	2	8	12	100_B1_塗装	4	0, 0, 0	0	0, 0, 0
1	4	100	B1	100_B1_塗装	塗装	4	1	1	8	9	6	100_B1_搭載	5	0	3	0
1	5	100	B1	100_B1_搭載	搭載	5	1	1	9	10	5	0	0	0	4	0
2	#6	100	B2	100_B2_取付	取付	1	2	2	2	4	11	100_B2_溶接	7	-1	0	0
2	#7	100	B2	100_B2_溶接	溶接	2	4	4	3	7	8	100_B2_舳装	8	0	6	-1
2	#8	100	B2	100_B2_舳装	舳装	3	2	2	7	9	6	100_B2_塗装	9	0	7	0
2	8	100	B2	100_B2_組立	組立	1, 2, 3	2, 4, 2	7	2	9	11	100_B2_塗装	9	-1, 0, 0	0	0, -1, 0
2	9	100	B2	100_B2_塗装	塗装	4	1	1	9	10	5	100_B2_搭載	10	0	8	0
2	10	100	B2	100_B2_搭載	搭載	5	1	1	10	11	4	0	0	0	9	0

No		サイズ・重量				作業場所		待機場所		作業設備		作業員			
搭載No	アクティビティNo	長さL	幅W	高さH	重量T	場所選択肢	場所使用量	待機選択肢	待機使用量	設備選択肢	設備使用量	会社選択肢	取付要員	溶接要員	舳装要員
1	#1	5	2	3	30	J	5, 2					W1	1		
1	#2	5	2	3	30	J	5, 2					W2		3	
1	#3	5	2	3	30	J	5, 2			H	3	W3			2
1	3	5	2	3	30	J	5, 2			H	3	W1,W2,W3	(0,1):1	(1,4):3	(5,7):2
1	4	5	2	3	30	P	1	T	1						
1	5	5	2	3	30	D	1			C	2:[1, 2]				
2	#6	5	3	2	40	J	5, 3					W1	2		
2	#7	5	3	2	40	J	5, 3					W2		4	
2	#8	5	3	2	40	J	5, 3			H	2	W3			2
2	8	5	3	2	40	J	5, 3			H	2	W1,W2,W3	(0,2):2	(1,5):4	(4,6):2
2	9	5	3	2	40	P	1	T	1						
2	10	5	3	2	40	D	1			C	2:[2, 3]				

付録2 例題のリソース

組立定盤	J	L=20	W=6							
[m]	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20
0~1	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19
1~2	J20	J21	J22	J23	J24	J25	J26	J27	J28	J29
5~6	J60	J61	J62	J63	J64	J65	J66	J67	J68	J69

塗装工場	P	収容数	待機場所	T	収容数
塗装工場1	P0	1	待機場所1	T0	1

ドック	D	収容数
ドック	D	3

クレーン	C		
時間帯	CR1	CR2	CR3
1	C10	C20	C30
2	C11	C21	C31
3	C12	C22	C32
4	C13	C23	C33
5	C14	C24	C34
6	C15	C25	C35
7	C16	C26	C36
8	C17	C27	C37
9	C18	C28	C38
10	C19	C29	C39

職人	W1	W2	W3
取付職	溶接職	舳装職	
A社	W1A= 1	W2A= 4	W3A= 2
B社	W1B= 2	W2B= 4	W3B= 2

付録3 例題の解法プログラム

```

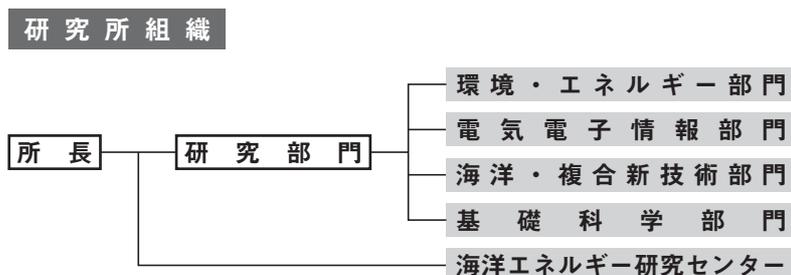
#####基礎データ↓
#i:["0:name", 1:[job], 2:[dur], 3:due, 4:[prec], 5:J, 6:[J'], 7:T, 8:T', 9:C, 10:[C'], 11:H, 12:H', 13:H'', 14:H'''],¥↓
data={↓
3:["100_B1_組立", [1, 2, 3], [6], 8, [4], J, [5, 2], 0, [0], H, [3], [W1, W2, W3], [(0,1):1], [(1,4):3], [(5,7):2]], ¥↓
4:["100_B1_塗装", [4], [1], 9, [5], P, [1], T, [1], 0, [0], [0], [0], [0], [0]], ¥↓
5:["100_B1_搭載", [5], [1], 10, [0], D, [1], 0, [0], C, [2: [1, 2]], [0], [0], [0], [0]], ¥↓
8:["100_B2_組立", [1, 2, 3], [7], 9, [9], J, [5, 3], 0, [0], H, [2], [W1, W2, W3], [(0,2):2], [(1,5):4], [(4,6):2]], ¥↓
9:["100_B2_塗装", [4], [1], 10, [10], P, [1], T, [1], 0, [0], [0], [0], [0], [0]], ¥↓
10:["100_B2_搭載", [5], [1], 11, [0], D, [1], 0, [0], C, [2: [2, 3]], [0], [0], [0], [0]], ¥↓
}↓
#####作業↓
act=[]↓
for i in data:
    act[i]=bp.addActivity(data[i][0], dueDate=data[i][3]+1)↓
#####作業モードとリソース割当↓
mode=[]↓
for i in data:↓
#----作業場所(組立定盤) resJ↓
if data[i][5]==J:↓
    for j in range(0, len(J[0])-data[i][6][0]): #長方向の定盤選択↓
        for k in range(0, len(J)-data[i][6][1]): #幅方向の定盤選択↓
            for h1 in W1: #作業職人(取付、業者A,B) ↓
                for h2 in W2: #作業職人(溶接、業者A,B) ↓
                    for h3 in W3: #作業職人(艤装、業者A,B) ↓
                        mode[i, j, k, h1, h2, h3]=Mode("mode[0:03d]_1][1]_[2]_[3]_[4]_[5]".format(i, j, k, h1, h2, h3), duration=data[i][2][0])↓
                        for s in range(0, data[i][6][0]): #ブロック長の定盤確保↓
                            for t in range(0, data[i][6][1]): #ブロック幅の定盤確保↓
                                mode[i, j, k, h1, h2, h3].addResource(resJ[k+t, j+s], 1)↓
                                if W1 in data[i][11]:↓
                                    mode[i, j, k, h1, h2, h3].addResource(resW1[h1], data[i][12])↓
                                if W2 in data[i][11]:↓
                                    mode[i, j, k, h1, h2, h3].addResource(resW2[h2], data[i][13])↓
                                if W3 in data[i][11]:↓
                                    mode[i, j, k, h1, h2, h3].addResource(resW3[h3], data[i][14])↓
                                act[i].addModes(mode[i, j, k, h1, h2, h3])↓
#----作業場所(塗装工場) resP↓
if data[i][5]==P:↓
    for j in range(0, len(P)):↓
        mode[i, j]=Mode("mode[0:03d]_1][1]".format(i, j), duration=data[i][2][0])↓
        mode[i, j].addResource(resP[j], [(0, data[i][2][0]):1])↓
        act[i].addModes(mode[i, j])↓
#----作業場所(クレーン) resC↓
if data[i][9]==C:↓
    if not data[i][10]==0:↓
        for time in data[i][10]:↓
            for j in range(0, [0-time]): #開始時間↓
                mode[i, j]=Mode("mode[0:03d]_1][1]".format(i, j), duration=1)↓
                for s in range(0, time): #稼働時間↓
                    for k in data[i][10][time]:↓
                        mode[i, j].addResource(resC[k-1, j+s], [(0,1):1])↓
                        act[i].addModes(mode[i, j])↓
#####待機場所(塗装前、搭載前) resT↓
d_act=[]↓
d_mode=[]↓
for i in data:↓
if data[i][1]==[5]:↓
d_act[i]=bp.addActivity("待機[0:03d]".format(i))↓
for j in range(0, len(data[i][8])):↓
d_mode[i, j]=Mode("mode[0:03d]_0][1]".format(i, j))↓
d_mode[i, j].addBreak(0,0)↓
d_mode[i, j].addResource(resT[j], [(0, "inf"):1], "break")↓
d_act[i].addModes(d_mode[i, j])↓
bp.addTemporal(act[i-1], d_act[i], tempType="CS")↓
bp.addTemporal(d_act[i], act[i-1], tempType="SC")↓
bp.addTemporal(d_act[i], act[i], tempType="CS")↓
bp.addTemporal(act[i], d_act[i], tempType="SC")↓
#####先行関係↓
for i in data:↓
if not data[i][4]==[0]: #次作業が搭載(終端)でなければ先行関係を定義↓
    for j in range(0, len(data[i][4])):↓
        bp.addTemporal(act[i], act[data[i][4][j]], tempType="CS", delay=0)↓
#####納期日↓
for i in data:↓
if data[i][1]==[5]: #現作業が搭載ならば納期を実日程に固定↓
    bp.addTemporal("source", act[i], "SS", delay=data[i][3])↓
    bp.addTemporal(act[i], "source", "SS", delay=-data[i][3])
#####求解↓
bp.Params.Makespan=False↓
bp.Params.TimeLimit=1↓
bp.Params.Neighborhood=20↓
bp.Params.Initial=False↓
bp.optimize()↓
bp.writeExcel("bp_push.csv")

```

Ⅱ 研究活動報告

1. 研究部門・研究センター活動報告	
(1) 環境・エネルギー部門	45
(2) 電気電子情報技術部門	48
(3) 海洋・複合新技術部門	53
(4) 基礎科学部門	57
量子計測科学寄附研究部門	60
海洋エネルギー研究センター	61
2. 戦略的研究予算報告書	62
3. 講演会・セミナー開催状況	80
(1) 第16回新技術創成研究所公開講演会	
「重力波 ～アインシュタインからの最後の宿題！～」	80
4. 研究所員の研究活動状況	
(1) 学術論文発表	82
(2) 講演・口頭発表	84
(3) テレビ出演	84
(4) 研究紹介新聞記事	85
(5) 外部資金受入状況	88
(6) 特許出願状況	90

別図



1. 研究部門活動報告

(1) 環境・エネルギー部門

21世紀に課せられた最大の課題である持続可能社会実現のための技術革新、具体的にはバイオマスエネルギー、風力エネルギー、太陽電池、二次電池、燃料電池などを中心に、環境・エネルギー関連の産官学の連携プロジェクトを立ち上げ推進する。

現在の各研究員の主要テーマは下記の通りである。

- 蒲原 新一 環境情報データの収集と可視化に関する研究。
持続可能な開発にかかわる評価システムに関する研究。
- 中道 隆広 高効率メタン発酵技術に関する研究。
廃棄物系バイオマス利活用の研究。
排水処理における有害物質除去法の研究。
- 村上 信明 バイオマスのガス化発電技術、液体燃料製造技術の研究。
BDF（バイオディーゼル油）の製造技術の研究。
- 山邊 時雄 高機能性ナノカーボン材料の創製と応用。
リチウムイオン電池。
- 平子 廉 BDF（バイオディーゼル燃料）を利用したディーゼル機関の燃焼研究。
バイオメタンを利用したガソリンおよびディーゼル機関の燃焼研究。
- 井上 弦 土壌の性状とその有効利用に関する研究。
環境保全型農業に関する研究。
- 田中 俊彦 家庭・建物内でのエネルギー消費削減に関する研究。
- 木村 正成 アルカン類の直接的酸化によるアルコール生成の研究。
二酸化炭素を用いた炭素固定法の研究。
- 坂井 正康 草木をエネルギーとした高効率ガス化発電システムの開発。
草木バイオマスからのクリーン液体燃料合成技術の開発。
- 杉田 勝 リチウムイオン電池、リチウムイオンリサイクル
リチウムイオン電池負極用ナノカーボン、燃料電池電極用ナノカーボン、
金属空気電池、電池リサイクル、電解質除去技術
- 吉村 進 有機電子材料・グラファイト材料の研究。
環境社会科学と環境材料技術。
- 藤井 光廣 ナノカーボン材料の作製とリチウムイオン電池への応用。
化合物半導体の結晶成長と構造解析。
- 石橋 康弘 環境改善技術およびバイオマスエネルギー変換技術に関する研究
- 宮城 彰平 バイオマスのガス化・利用技術の研究。
- 薄田 篤生 下水汚泥処理技術「メタサウルス」から排出される廃液の処理技術の開発。
- 下高 敏彰 下水汚泥残渣の肥料化と燃料化、発酵処理システムの取り組み。

平成30年度新技術創成研究所成果報告書

環境・エネルギー部門 部門長 蒲原 新一

(1) バイオ燃料活用に関する研究

戦略的研究において次の研究としてメタンガス/BDFとのデュアルフューエルにおける燃料物性改良BDFの直噴式ディーゼル機関への適用と水1BDFによるエマルジョン燃料の製造とディーゼル機関の排気ガスと特性への影響について研究結果をまとめた。また、BDF/メタンガスデュアルフューエルにおけるアルコール添加のディーゼル機関排気ガス特性への影響についても研究を進めた。(平子)

(2) 長崎市の廃棄物適正処理に向けた調査研究

長崎市のごみ処理はこれまで、廃棄物処理施設の処理性能により分別品目を設定した上で、ごみの減量化、リサイクルの推進が主題となっていたが、今後は運搬や処理に係る総エネルギーの低減や、温室効果ガスの排出量削減にも着目して整理していく必要があり、廃棄物処理における長崎市の現状を分析し、今後の廃棄物の適正処理のあり方について提案を行った。(本研究は長崎市からの委託「長崎市廃棄物適正処理調査」によって実施した。)(蒲原、中道)

(3) 持続可能な地域社会づくりに関する研究

地域で策定されたプランの実現に向けて多様なアプローチを関係者らとの協働により推進していくための仕組みづくりを進めていく中で関係者らとのつながりづくりに取り組んだ。フィールドとしては、長崎市の茂木南部地区の大崎集落と、インドネシア共和国パプア州ワメナ県を対象として調査研究を実施した。(蒲原)

(4) 安定型最終処分場における浸出水の現状調査

安定型最終処分場は比較的安全とされているが、埋め立て由来の有害成分が溶出する可能性がある。安定型最終処分場から排出される浸出水を採取し、埋め立てられた物質から溶出する金属を分析し、浸出水の現状について調査した。(中道)

(5) 木質系および草本系バイオマスの高温水蒸気ガス化法による生成ガスの分析

草本系および木質系バイオマスのエネルギー変換法として、可燃性ガスに変換する「熱化学的ガス化法」の研究が進められているが、草本系と木質系ではガス化条件が異なる。水蒸気ガス化法を用いた時の草本系および木質系バイオマスの熱化学的ガス化プロセスの解明と、ガス化した時に得られるエネルギー量から二酸化炭素削減量を長崎県のモデルに試算した。(中道)

(6) 島原半島における湿潤系バイオマスの利用検討

エネルギー変換法として期待されるメタン発酵の問題点は、原料に含まれる有機物量の違いにより、発生するメタンガス量が違う。上記の問題点調査を長崎県の島原半島から発生する湿潤系バイオマスをモデルにして、原料の組成分析と、メタン発酵処理で回収できるエネルギー量の試算を行うための分析を行った。(中道)

以上

(2) 電気電子情報技術部門

世界がグローバル化する今日、情報を入力し、吟味検索し、それを編集し提示することは、その国の存亡に係わっているといっても過言ではない。本部門では、情報を提示するために、バーチャルリアリティやCG、Webの技術を福祉や生活環境や企業経営の改善やコミュニケーションに、より密接に有効利用するための研究開発を行う。また、これらの情報の基盤を支えるハードウェアの高速化、高密度処理、高精密化の専用LSIの開発研究も合わせて行う。

- 松井 信正 スマートグリッド・エネルギーマネジメント・電力制御に関する研究
医療分野におけるIoT技術に関する研究
- 佐藤 雅紀 移動ロボットの開発および運動制御に関する研究.
神経回路網を模倣した制御機構に関する研究.
- 黒川不二雄 高速デジタル制御アルゴリズムおよび回路の開発研究
衛星のエンジン制御システムの開発研究
- 本村 政勝 自己免疫性神経筋接合部疾患の病態解明と治療法の開発
田中 義人 組込みシステムに関する研究.
電力エネルギー・医療分野におけるICT融合化技術に関する研究.
次世代エネルギーおよびマイクログリッドのシミュレーション的研究.
- 田中 賢一 ホログラフィによる立体映像表現
映像やゲームにおけるコンテンツ技術
メディアコンテンツや有価証券の偽造防止技術
- 川添 薫 医療用処置具・内視鏡治療器具に関する研究開発.
内視鏡保管庫用プラズマクラスター除菌消臭発生装置の開発
経鼻内視鏡用前処置具の開発と検証
輸液ライン小気泡除去に関する研究
手術前自動手指洗浄装置の研究開発
- 日當 明男 Webによるデータベース活用に関する研究開発.
システム同定によるモデル構築に関する研究
システム制御に関する数学的基礎研究.
- 劉 震 ビッグデータとデータマイニングに関する研究.
情報システムの構築と意思決定支援システムに関する研究.
リハビリロボットに関する研究.
- 下島 真 データ収集／解析システムの開発・構築.
素粒子物理実験用の新しい検出器の開発.
- 清山 浩司 視覚情報処理システムと三次元集積化技術に関する研究.
医用電子システムに関する研究.
- 崔 智英 動作改善支援のための生体情報の可視化.
- 梶原 一宏 再生可能エネルギーシステムにおけるデジタル制御電源の研究
水野 裕志 医療福祉施設における院内グリッドの最適運用に関する研究
痩身者にやさしい電子体温計の開発.
ウェアラブルデバイス・システムに関する研究

- 三田 淳司 セキュリティインシデント事例収集
民間資格を活用したICT基礎力育成
- 池 浩司 医療機器の研究開発, カテーテル型凝血塊破碎吸引装置の研究開発
- 清水 悦郎 内視鏡内部洗浄装置の研究開発
食道癌ステント留置術に用いる電導型イングロース焼却ステントの研究開発
- 江藤 春日 組み込みシステム、エネルギーマネジメント、制御監視装置のシステムエンジニアリング、ソーシャル・ビッグデータ収集・発信基盤の研究
- 鈴木 高宏 次世代モビリティとIT Sに関する研究
モビリティと次世代エネルギーによるスマートコミュニティに関する研究
先端科学技術の社会実装とそれによる地域活性化に関する研究
- 小林 透 ソフトウェア生産技術、情報セキュリティ、データマイニング、次世代Web技術、及びこれらの要素技術を応用したIoTサービス開発技術
- 村田 明久 諫早スマートシティ構想実現のための研究活動
- 谷山紘太郎 医工連携分野における他大学との新しい共同研究の実現のための研究
- 田中 徹 集積化脳神経プローブを含む生体信号無線記録システムの開発
- 小柳 光正 三次元ヘテロ集積化技術を用いた積層型立体画像センサーLSIの開発.
- 末次 正 パワーエレクトロニクスの分野で電力変換器の制御に関する研究
- 関屋 大雄 パワーエレクトロニクスの分野で電力変換とその制御の研究
- 甲木 昭彦 高周波ドライブ回路, 磁気応用回路およびパワーエレクトロニクスに関する研究
- 樋口 剛 モータドライブに関する研究
- 植木 弘信 内燃機関に関する研究
- 田邊 秀二 物質材料および触媒に関する研究
- 森口 勇 リチウムイオン電池および各種二次電池に関する研究
- 畠田 彰秀 環境動態解析に関する研究
- 竹下 隆晴 パワーエレクトロニクス, モータドライブに関する研究
- 川越 祐司 通信分野のエネルギーや環境問題に関する研究
- 有馬 仁志 車載システムのモデルベース設計に関する研究
- 森本 賢一 機能安全やセキュリティに関する研究
- 岸川 忠弘 マイクログリッド及びグリーンエネルギーデバイスのモデル化の研究.
- 立石 哲也 生体力学, 生体材料, 再生医療工学.
- 山辺 敏雄 再生医工学並びに幹細胞に関する研究.
創薬シミュレーションに関する研究.
- 中村 克也 人工心肺等高度管理医療機器開発および開発手法の研究
近距離通信機能を持った医療デバイスの研究開発
米国、欧州、日本の医療機規制に関する研究
医療ソフトウェア品質管理システム構築とその品質保証に関する研究
- 鈴木 孝 車載ECUソフトウェアの開発手法
- 丸田 英徳 デジタル信号処理の電力変換器制御への応用
- 横井 聖宏 防災用IOT機器に関する研究
- 古川 雄大 電力変換器におけるデジタル制御の設計・解析および検証
- 久保 慶衛 AIを用いた生産設備のパラメータ調整に関する研究

平成30年度新技術創成研究所成果報告書

電気電子情報部門 部門長 松井 信正

〔Ⅰ〕 公共空間で活動する親和性に優れた次世代ロボットに関する研究

1) 坂の街長崎の高齢者をサポートする階段電動アシスト手すりの開発 (佐藤、松井、崔)

交通網の縮小化や高齢化により全国で「買い物難民」と呼ばれる人々が増えつつあり、国が予算化している。特に、長崎は坂の街と呼ばれ、細く入り組んだ斜面に様々な形状の階段が多数存在するため、設置や保守点検に優れた装置が要求される。また、観光の街でもあり、景観を考慮したデザインが求められる。長崎県特有の研究課題のひとつである高齢者の階段昇降について、地元企業と共同で電動アシスト手すりを開発しており、初年度は、試作機を用いて使用者の姿勢や移動速度を評価するシステムを構築した。この研究・開発の成果として、「坂の街長崎における階段昇降アシスト装置の性能評価 (第1報) RGB-Dカメラを用いた姿勢計測システムの構築と評価」と題して、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会で発表した。次年度以降は、外部資金の獲得を目指すべく活動している。

〔Ⅱ〕 医療や教育に関するIoT技術の研究

1) 医療サービスのIoT技術に関する基礎研究 (松井、田中 (賢)、水野、梶原)

高齢化社会を背景に医療スタッフの人材不足が課題であり、人材補填としてIoT技術を活用した医療サービスの導入が急務となっている。本研究では、スタッフの重労働低減化を目標に、無電源センサを用いた見守りおよび医用機器から見た医療安全管理システムの検討と評価を目的とする。IoT技術を活用した医療サービスは、スタッフの人材不足の解消につながるものであり、これまで、長崎市内の大規模病院や介護福祉施設を訪問し、無電源や非侵襲的なセンサを用いた見守りおよび医療安全に関係する新たなシステムの開発が実用的に必要なことがわかった。今年度は、医用機器の安全管理業務の観点からIoT技術を活用したシステムとして、スタッフの行動パターンおよび医用機器の位置情報のデータ収集のための方法について検討した。今後は、実運用として行動パターン、機器の位置情報および使用頻度など、機器に対する安全管理業務の最適化手法の確立に向けたデータを検討し、その妥当性を確認していく予定である。

〔Ⅲ〕 エネルギーマネジメント・再生可能エネルギーに関する研究

1) 五島市の農林漁業エネルギー活用推進部会 (松井)

五島市の農山漁村再生可能エネルギー地産地消型構想支援事業「農林漁業エネルギー活用推進部会」に参画し、エネルギー需給バランス調整システムの導入可能性調査、再生可能エネルギー設備の導入の検討、地域主体の小売電気事業者の設立の検討等を支援するとともに、そのノウハウの蓄積、他地

域への普及を進めている。この推進部会の3年目の活動の成果として、五島市内の農林水産業分野で、行政、JAおよび各漁協などが実施している課題解決に向けた活動の把握、五島市から電力小売事業者の設立に向けた取り組みが行われた。

2) スマートグリッドに関する国際会議（松井、黒川、田中（義）、水野、梶原）

本学が実行委員となり、2018年12月4日～6日に長崎県立美術館で第6回 icSmartGrid 2018 (International Conference on Smart Grid) を開催した。この会議は、電子ジャーナルのIJRER (International Journal of Renewable Energy Research) と ijSmartGrid (International Journal of Smart Grid) が主催し、米国電気学会のIEEE-PES (Power and Energy Society) とIAS (Industry Application Society) が共催している。国内の学会からは、電子情報通信学会と電気学会の産業応用部門が協賛した。今回、23カ国の91件の論文投稿中、16カ国46件の論文が採択された。採択率50%のかなり厳しい採択率を通り、約100名が参加者している。

テーマは、スマートグリッドのアプリケーションやその政策、スマートグリッドと再生可能エネルギーの統合、ハイブリッドなスマートグリッドエネルギーシステムの技術、スマートグリッドシステムにおける新たなエネルギー変換の研究、スマートグリッドエネルギーシステムの制御技術、異なる負荷条件下でのスマートグリッドエネルギーシステムの性能解析、スマートグリッドにおける計算方法と人工知能の研究、最適化された電力供給と発電、さらには省エネ技術に関するものである。それらの分野は、系統連系、電力変換器やモータドライブ回路技術、回転機技術、照明技術を始めとする電気系はもとより、情報通信、機械系、化学・材料系、土木系まで含む幅広いものであり、会議中は活発な議論が行われた。次回は、2019年12月9～11日にオーストラリアのニューキャッスルで開催される。

〔Ⅳ〕医療、医療用計測装置・システムに関する研究

1) 老人性難聴を有する高齢患者が明瞭に聞こえる輸液ポンプの輸液完了警報音に関する研究

(本村、池)

高齢者の患者が明瞭に聞こえる医療機器の警報音の研究開発を行うことで、警報音の聞き損いなどによる医療事故を防止することを目的に研究を行う。ヒトの聴覚特性は加齢と共に変化し、認識し易い音が若年者と異なる。このため、現在使用されている医療機器（特に輸液ポンプ）の警報音をMATLABを用いて解析し、高齢者が聞きとりやすい音を制作する。本研究では、高齢者へのアンケートを通して現在の警報音と比較して高齢者が聞きとりやすい周波数、音階、リズムなどを解析し、新たな警報音を制作し評価・検証を行う。今年度は、輸液ポンプのバッテリー消費時の警報音を計測し、その周波数成分を解析した。高齢者が聞き取りやすい周波数、音階、リズム等を調査するため、複数のサンプル音を制作し聞きとりやすさのアンケートを実施する。対象者は若年者から高齢者とする。また、医療現場に近い室内環境（他の医療機器の警報音や雑音がある）で音量や周波数などを変えてサンプル音を評価しすることで、高齢者が聞きとりやすい警報音の制作のブラッシュアップに繋げる。

2) ME機器簡易チェッカシステムの構築と臨床工学教育への適応性評価 (池、水野)

現在販売されている医療機器用のチェッカは高価であり、使用前後の清拭や簡単な機能点検などは臨床工学技士が行うが、詳細な出力レベルのチェックなどの定期点検はメーカーが行う場合も少なくない。そこで、臨床工学技士が扱い易い小型で簡易的なチェッカを開発することで、病棟等で機器の異常などが発生した場合、迅速に故障の有無を確認する事ができ、安全な医療の提供に繋がる。また、開発したチェッカを実際の教育現場で実習等を通して学生が学ぶことで、機器への理解や電気・電子回路の知識向上に繋がると考えられる。実験の結果、心電計、心電計チェッカ、ペースメーカチェッカを対象に計測可能であることがわかった。今後の課題として、心電計のフィルタ定数の調整、心電計チェッカで任意の心電波形を出力可能な回路の設計、ペースメーカチェッカで出力パルス間隔や感度をチェック可能な回路の設計などが今後の課題である。また、開発を行った機器を統合し1つのボックスに収納し、学生の実習等に使用し機器への理解度向上に繋がるように構造を検討する必要がある。

〔V〕 ビックデータに関する研究

1) 『グラバー図譜』の3次元CG化とそれを活用した新たな社会貢献に関する研究 (崔)

長崎が誇る歴史的資料の1つである『グラバー図譜』に描かれた魚類を最新のデザイン技法・技術を取り入れて、3次元CG化をするとともに、それを活用して、3次元MR(複合現実)の構築に関する基礎的研究を行い、またペンギン水族館などとの連携をもとに、東長崎の小中学校の児童生徒を対象に、生物学を中心とした教育を実際に行い、科学教育の新たな方法について探求している。この成果については、本学地域科学研究所紀要「地域論叢」第34号にて報告した。

今後の課題としては、一般的なCG/VRコンテンツの制作がプロのチームで行われている中で、教員と学生という時間と能力に限りがあるメンバーで制作を行うためには、明確な目標とともに快適な制作環境により高度で効率的なCG/VR制作の手法を研究していく必要がある。また、学際的な取り組みにより、広い視野で、深い理解に基づく作品を制作していくことが可能と考えられる。そのためには、必要に応じて学外でのサンプリングや、有償で加工用の映像データを購入しながら、高度化と効率化を進めていくことが必要である。

以上

(3) 海洋・複合新技術部門

21世紀の国際的大競争時代を生き抜くためには、モノづくりに直結した生産技術の絶えざる技術革新が不可欠である。また、そのためには、従来の基盤的技術と先端的技術分野を複合した学際的な新技術への展開が望まれる。本部門では、機械システム・船舶・海洋機器・建築物等を主体とした各種構造物の構築・生産・運用に係わる生産技術に関して、材料・構造・流体等の多岐の分野にわたり新技術の研究・開発を行う。

- 本田 巖 流体/構造連成振動解析法に関する研究。
板厚制御による振動伝搬抑制構造の検討。
振動エネルギー伝搬解析技術の実用化に関する研究。
音響エネルギー伝搬遮断構造に関する研究
音響による翼損傷検知に関する研究。
潮流発電機技術調査及び評価研究。
- 黒田 勝彦 車内音低減アイテム開発に向けたインパネリインフォースの高周波NVメカニズム調査に関する研究。
機械構造物の入力パワーの変動を考慮した高精度の音圧予測手法の開発。
自動車の微小騒音に関する研究。
熱音響発電に関する研究。
FEMを用いた振動加振実験によるSEAパラメータ評価に関する研究。
- 池上 国広 多連結浮体システムの研究開発。
海洋エネルギー利用技術の研究開発。
浮体係留装置の研究開発。
- 木下 健 海洋再生エネルギー利用の推進。
海洋構造物の運動,挙動についての研究。
海洋産業創出のための潮流下稼働可能海中ロボットの研究開発。
- 影本 浩 風波浪中における浮体運動に関する研究。
超大型浮体構造物（メガフロート）に関する研究。
魚の推進に関する研究。
- 林田 滋 潮流発電装置に関する研究。
滑走艇まわりの流体现象に関する研究。
自航試験の精度向上に関する研究。
ペーロン船の抵抗推進性能に関する研究。
- 薄 達哉 鉄塔支持型鋼製煙突の渦励振に関する研究。
コンクリート強度の簡易評価法に関する研究。
コンクリート強度推定における新しい微破壊試験方法の開発。
- 堀 勉 浮体静力学の基礎理論に対する新展開
・静水圧の圧力積分による船の「浮心=圧力中心」の証明。
・船のメタセンター半径 BM の導出に関する新理論。
Kelvin 波とHogner 波の接続解を用いた旋回する船の起こす波の計算。

- 野瀬 幹夫 波浪中における横断面の反りを考慮した縦の全体強度理論および実用化システムに関する研究。
 グラフ理論による構造解析用実用化システム概念の構築に関する研究。
 造船3D-CADを用いた迅速な初期構造設計システムに関する研究。
 高速翼走をめざした人力水中翼船の研究開発。
 海洋産業創出のための潮流下稼働可能海中ロボットの研究開発。
 初期構造計画時における全体強度解析・実用化システムの構築と最適化に関する研究。
- 松川 豊 宇宙輸送機の空力加熱の研究。
 超音速流れの研究。
 電気流体力学（EHD）効果によるマイクロ液圧デバイスの開発。
 電気流体力学現象を利用したマイクロポンプの研究。
- 松岡 和彦 船体構造の合理化及び長寿命化に関連する研究。
 熟練者技能継承のための匠の技シミュレータシステム開発に関する研究。
 オープンソース造船用3D-CADの開発とモジュール化設計による生産性向上。
 海を活かす体験型技術教育の研究。
 乗務員の就労環境向上を目的とした低騒音型漁船の開発に関する研究。
 海洋産業創出のための潮流下稼働可能海中ロボットの研究開発。
- 岡田 公一 溶接構造物の疲労強度評価法の確立に向けた研究。
 構造物の最終強度（終局強度）に関する研究。
- 古野 弘志 生物学的アナロジーを用いた知識・学習エンジンによる船体構造分野での設計予測／
 設計自動化／データマイニング／パラメトリック最適化に関する研究。
 遺伝発生による人工知能（AI）の生成と船体構造設計支援システムの構築。
 商品開発段階における船体構造部材配置の最適設計案探索に関する研究。
 海洋産業創出のための潮流下稼働可能海中ロボットの研究開発。
 初期構造計画時における全体強度解析・実用化システムの構築と最適化に関する研究。
 SO_xスクラバー装備レトロフィットにおける船体構造強度・振動に関する研究。
- 石川 暁 省エネ性に優れた最適船型の計画法に関する研究
 船の燃費性能カイゼンのための省エネ・デバイスの開発に関する研究
- 佐藤 雅紀 水中ロボットの開発および画像処理。
- 石井 和男 ロボット分野の幅広い活用に関する研究。
- 松尾 博志 潮流発電装置に関する研究。
 潮流発電用タービンの設計、およびCFDシステムによる流体性能の評価。
- 副島 勝則 再生可能エネルギーを活用した発電機の研究開発。
 充電ステーションの実証事業。
- 金丸 英幸 船舶運航のエネルギー解析および気象・海象下の最適航海制御技術に関する研究。
 船陸複合ネットワーク技術を用いたグローバルシステムインテグレーション。
 各種リアルタイムシミュレータの研究開発。
 計測データの特性解析。
- 梶原 宏之 造船の生産管理並びにシミュレーションに関する研究

平成30年度新技術創成研究所成果報告書

海洋・複合新技術部門 部門長 本田 巖

〔Ⅰ〕次世代型構造物の動的応答に関する研究

1) コンクリート強度推定における新しい微破壊試験方法の開発（薄）

既設の海洋構造物および陸上構造物の維持管理において、重要な構造材料であるコンクリートの強度をより簡単に推定することが求められている。しかし、コンクリート構造物の構造体コンクリート強度を推定する方法としては、構造体からコンクリートコアを採取後、載荷試験をして調べる方法が一般的である。この方法は、コアの抜き取りによる構造体への影響、作業手間およびコストの負担が大きくなる。そのため、本研究では、電動の試験器具や精密機器等を用いず、より効率的にコンクリート強度を推定する試験方法の開発を目的とした。これまでの実験は、床面などのコンクリート水平面を想定し、錘を釘の真上から、アクリルパイプの中を自由落下させて打撃する方法を中心に実験を行ってきたが、今回の実験では、壁などのコンクリート鉛直面も打撃できる「振り子式試験機」を製作して実験を行った。

実験の結果、これまでの実験と同じように、供試体A（学生製作）およびB（コンクリート専門業者製作）ともに、コンクリート強度が高くなるにつれて釘貫入量が小さくなるという関係（図7、図8参照）が得られたため、その関係式を明らかにすることによって、コンクリート強度が釘貫入量から推定できることがわかった。

ただし、コンクリートの調合や材齢などが変わると関係式が若干変わる傾向にあるが、その要因を特定することはできなかった。

2) SEAによる構造最適化等に関する研究（黒田）

機械構造物の低振動化、低騒音化を目的としてSEAの適用性拡大を図るため以下の研究を行った。

- ・SEAによる構造変更前後の音の予測とメカニズム調査
- ・SEAによる構造最適化手法の開発
- ・FEMを用いた振動加振実験によるSEAパラメータ評価
- ・SEAによる構造変更がもたらす振動入力パワーの変動を考慮した振動と音圧予測

これらの研究成果は、ICSV他の国際学会を含め学会、本学紀要にて発表した。

〔Ⅱ〕再生可能エネルギーの開発・利用に関する研究

1) 音響による翼損傷検知の可能性の検討（本田）

風力発電に限らず稼働率向上には定期メンテナンスは不可欠であるが、風力発電装置の主要部品である翼の点検、メンテナンスでは現状ではロープアクセスで点検員が直接翼にアクセスして行われており、時間を要している。風力発電装置における翼損傷検知技術開発を最終目標として、開孔、後縁欠損、変形などの損傷を模擬した翼を小型風力発電装置に取り付け稼働時の放射音の変化から損傷検

知可否について検討した。機側騒音は点検員を模擬した地上観測点，遠隔監視を模擬したナセル上観測点を用いて，いずれにおいても，機側騒音の時間周波数変化特性，異音の発生頻度などから異常検知可能な事を示した。又，夫々の損傷に伴う放射音の特徴を把握した。

〔Ⅲ〕流体解析に関する研究

1) 「浮体静力学」の基礎理論に対する新展開 -「浮心=圧力中心」の証明- (堀)

報告者が，上記テーマに対して，2017年度に矩形断面に対して展開した，浮体を横傾斜させて静水圧の圧力中心の位置決めをする手法を，任意形状の断面の場合（下記 i）と，半没円柱（下記 iv）に対し適用し，「浮心=圧力中心」であることを，証明した。半没円柱は，傾斜しても水面下の形状が変化しないことから，防衛大学の数下准教授らが，主唱する，座標系を回転させる手法との関係も明確にした。

続いて，矩形断面についても，横傾斜させることなく，座標系を回転させることで，「浮心=圧力中心」の別証明を示すことにより，この「浮心=圧力中心？」の議論に終止符を打った。

i) 静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定（その2：任意の断面形状の場合）

日本航海学会誌 (NAVIGATION), 第205号, 2018 (H30) 年7月, pp. 28~34

ii) 「浮体静力学」の基礎理論に対する新展開（その1：「浮心=圧力中心」の証明）

舟艇技報 (Boat Engineering), No.135, 2018 (H30) 年9月, pp. 1~10

iii) 「浮体静力学」の基礎理論に対する新展開（その2：船のメタセンター半径 BM の導出に関する一考察）

舟艇技報 (Boat Engineering), No.136, 2018 (H30) 年12月, pp. 1~5, 単著論文

2) EHDマイクロポンプにおける圧力生成モデルの開発 (松川)

電気流体力学 (EHD) 効果を利用したマイクロポンプ内における流動モデルの開発を進めた。電極表面上における局所的な電場分布を考慮した電荷分布モデルを構築した。このモデルにもとづいて EHDマイクロポンプ内における圧力生成を数値シミュレーションしたところ、実験結果をよく再現できた。これらの研究成果を発表した。

・松川 豊, 浦田 竜輔, 永川 凱基, “超音速ノズル内流れの実験的研究”, 長崎総合科学大学新技術創成研究所所報, Vol.13, pp.31-36, 2018-09.

3) 超音速流れの研究 (松川)

超音速流れ発生装置の構築と実験を実施した。これまでに作製した装置は、大気中に超音速ジェットを生成する装置であった。本年度は、設計マッハ数1.5のノズル出口に断面積が一定の矩形管を接続し、矩形管内において一様な超音速流れを生成することを目指した。その結果、矩形管内において一様な超音速流れを生成することができた。これらの研究成果を発表した。

・松川 豊, “イオンドラッグ型EHDマイクロポンプにおける圧力生成の数値シミュレーション”, 第32回数値流体力学シンポジウム講演会論文集, E03-3, 2018-12.

(4) 基礎科学部門

歴史が物語るように、新技術の創成は、基礎科学を拠り所に行っているものがほとんどである。基礎科学部門では、科学技術の発展を目指し、物理学、化学、生物学、経済学における基礎的な研究を行っている。高エネルギー物理実験分野では、多くの国際共同実験を実施しており、フロントエンド読み取り装置やデータ収集装置の開発を実施してきた。理論化学分野では、新しいかたちの超伝導現象の提案を行い、実験的に検証されつつある。経済物理学の分野でも、新しいプロジェクトチームを結成し、ピケティに迫るような新しい分野の開拓を目指しているところである。

現在の各研究員の主要テーマは、下記の通りである。

- | | |
|-------|---|
| 大山 健 | 高エネルギー物理実験、ALICE実験におけるTPC新型読出しシステムの開発 |
| 加藤 貴 | 理論化学、量子化学、物性物理学。 |
| 濱垣 秀樹 | 高エネルギー原子核物理実験、ALICE実験、量子計測技術 |
| 田中 義人 | 電力エネルギー・医療分野におけるICT融合化技術に関する研究、
ICT街づくり、高エネルギー物理実験、ALICE実験 |
| 下島 真 | データ収集／解析システムの開発・構築、
素粒子物理実験用の新しい検出器の開発
高エネルギー物理実験 ATLAS実験 |
| 澁佐雄一郎 | 素粒子理論、数理物理 |
| 奥野 公夫 | 高電場顕微鏡法による半導体－金属界面反応過程。
ダイヤモンド初期成長過程とプラズマガス－基板相互作用。 |
| 長 良夫 | 代数的整数論、単項化問題、単数群。 |
| 上野 誠司 | 英語と日本語の二次述語構文
空間移動構文の分析と記述 |
| 繁宮 悠介 | 動物における体色の色彩多型維持機構の研究。
動物における形態の左右非相称性の進化機構の研究。 |
| 市瀬 実里 | LD・発達症における遺伝的素因に関する研究。
学習症モデル生物の検討。 |
| 菊森 淳文 | 地域経済マクロ計量分析、経営情報分析（経営戦略・財務・マーケティング）
行政・公企業経営 |
| 房安 貴弘 | 素粒子物理実験用検出器のための先進的読出し回路の開発研究。
GEMを用いた高効率・大面積ガンマ線イメージング装置の開発。 |
| 志垣 賢太 | 高エネルギー原子核物理実験、ALICE実験MFT計画のDetector Control System開発
および物理解析 |
| 八野 哲 | クオーク・グルーオン・プラズマの物性解明を軸とする研究分野における物理解析 |

平成30年度新技術創成研究所成果報告書

基礎科学部門 部門長 大山 健

〔市瀬〕

「遺伝子欠損マウスにみられたモノアミン動態異常と行動異常」の研究を遂行した。本年度は、分子生物学・生化学的手法を用いた研究に係る設備を整え、哺乳類由来の高分子化合物の溶解液作成およびDNA・タンパク質解析を行った。さらに、JSPS科研費（若手研究）「生命医科学領域からみた発達障害への早期介入」（18K13232：代表）の研究課題を継続した。膜タンパク質の中でもほとんど解析が進んでいない未知タンパク質に注目し、当該遺伝子とタンパク質の生体内における生理的役割や分子機能の理解を試みた。それにより、遺伝子欠損マウスで観察された神経伝達物質と行動の異常を検討した。

〔澁佐〕

昨年度に引き続き「一般化された不確定性関係に基づいた場の理論」を研究課題として遂行した。本研究において、特に意味があると思われる、質量次元の高い一すなわち通常の場の理論では繰りこみ不可能な相互作用項の振る舞いに関する研究を行った。

〔繁宮〕

研究課題「ゴミグモ属の体色・捕食・繁殖に関する行動生態学的研究」を継続した。本研究は、JSPS科研費（基盤研究C）「メスの交尾可能回数の種間変異がオスの繁殖戦略に与える進化的影響」（17K07577：代表）と、同じくJSPS科研費（基盤研究C）「円網性クモの交尾器破壊を用いたメスの再交尾抑制とその進化」（17K07576）の助成を受けたものである。また、「多様なメディアを活用した科学教育とその教育効果の測定」をテーマとした研究を開始した。

〔大山〕

超高温クォーク物質の創造によるQCD物性の解明を目指し、欧州合同原子核研究機構（CERN、本拠地ジュネーブ）のALICE実験の大幅な拡充を推進した。昨年度に引き続き、JSPS科研費（基盤B）「ALICE実験GEM-TPC連続読出を実現する新データ収集回路の要素開発」（17H02903：代表）を継続し、東京大学CNSと共同で、トリガレス連続読み出し型DAQの開発を加速させた。また、同様のアイデアをJ-PARC等における次世代実験で応用すべく、日本原子力研究開発機構と協力し、JSPS科研費（挑戦的萌芽研究）「J-PARC重イオン衝突における究極的高速データ収集系への挑戦」（16K13808）を推進した。

〔田中〕

次世代の大規模物理学実験や超広帯域なデータ収集が必要となる分野においては、CPUだけでなく、FPGAやGP-GPUを駆使した新しいコンピューティング手法、即ちヘテロジニアス・コンピューティングの確立が重要な鍵となる。本年度はCERN・ALICE実験の次世代検出器をターゲットに、新しいタイプのDAQ・オンラインデータ処理システムの開発に着手した。本研究は、JSPS科研費（挑戦的萌芽）「ALICE増強における究極的超高帯域データ収集システムの要素開発」（17K18783：代表）の助成を受けたものである。

量子計測科学寄付研究部門

光量子等の効率的計測・データ処理技術開発を進め、その成果を高エネルギー原子核物理学実験研究、非破壊検査等への技術応用を目的とする。

寄付

■ サイエナジー株式会社（東京大学発ベンチャー）

研究メンバー

■ 部門長：浜垣秀樹 特命教授（平成28年3月まで東京大学教授）

■ 協力研究員：元田良一（サイエナジー株式会社代表取締役社長）

■ 協力研究員：越牟田聡（サイエナジー株式会社）

■ 協力研究員：阿部圭一（サイエナジー株式会社）

■ 協力研究員：大山健（長崎総合科学大学新技術創成研究所教授）

開設

■ 2016年4月1日

「量子計測科学寄付研究部門」、この一年

部門長 濱垣 秀樹

当部門は、サイエナジー株式会社の寄付により、3年間の時限付きで平成28年4月に発足し、これまでの3年間、主に二つの研究を進めた。

一つは、高エネルギー重イオン衝突を用いた高温高密度QCD物質の実験的研究である。欧州CERN研究所LHC加速器でのALICE実験における国際共同研究を、新総研・基礎科学部門の大山教授と密接な連携を取りつつ進めてきた。ALICE実験のTPC検出器の高度化に参加するとともに、以下に列挙するようにデータ解析を進めた。また、追加資金（科研費）として、基盤研究（S）（代表：杉立徹（広島大学））（平成26年～30年）、および新学術研究（代表：志垣賢太（広島大学））（平成30年～）の分担者であった。

ALICE実験のデータ解析は、主に東京大学大学院理学系研究科原子核科学研究センターの研究グループ（代表：郡司卓准教授）と連携して進めた。主な研究課題は、(1) 陽子+鉛衝突における二粒子相関の研究、(2) 陽子+陽子衝突における単光子生成過程の研究、(3) 陽子+鉛衝突におけるJ/Ψ生成の研究、である。これらの研究は、近年大きな話題となっている「小さな系における流体的振る舞い」を新たな手法を用いて調べることを目指したものである。

もう一つは、新しいタイプの電子源の研究開発であり、将来的にはX線源への使用を見据えて、安定的で且つ任意の区域のスイッチングを可能とする安価な面線源の実現を目指した。半導体技術を用いた実現の可能性を追求した。本研究は、当部門のサイエナジー社からの協力研究員に加えて、大山教授、清山准教授、田中教授らと強い連携をもって共同研究を進めることが出来た。28年度に電場計算、一回目の試作を行ない、29年度には二度目の試作を行なった。30年度は、研究の担い手と資金的な問題のために、研究を大きく進展させる事が出来なかったのは、残念であった。

海洋エネルギー研究センター

海洋エネルギー研究センターでは、国内外の研究者と広く連携するとともに、船舶工学・海洋工学に係る教育研究約70年の経験を活かし、海洋産業の基盤となる船舶工学・流体力学・構造工学等を用いた研究開発、新事業形成、人材育成に取り組む。

研究メンバー

- センター長：池上 国広 教授
- 研究員：木下 健 客員教授
- 研究員：野瀬 幹夫 客員教授
- 研究員：林田 滋 特命教授
- 研究員：松井 信正 教授
- 研究員：影本 浩 教授
- 研究員：松岡 和彦 准教授
- 研究員：佐藤 雅紀 准教授
- 研究員：中道 隆広 講師

海洋エネルギー研究センター 研究活動報告

センター長 池上 国広

当センターは、本学が有する海洋工学に係る教育研究の技術を活かし、海洋産業の基盤となる研究開発、新事業形成、人材育成に取り組んでいる。今年度は、戦略的研究予算を活用し海中ロボットを試作し、試験水槽において動作試験を行った結果、速度1.0m/secで航行可能であることを確認した[1]。

近年課題となっているエネルギー問題に対し、再生可能エネルギーの利用が重要となっている。海洋においては洋上風力発電や、潮流発電が稼働しつつある。これらは洋上や海中に設置されることから、海中での探査や工事が必須となるが、一般的に、これらの作業は潮止まりの時間帯に実施されるため作業時間が制限される。そこで、強潮流下（流速2.0m/sec）においても海中観測や作業を行うことができる海中ロボットが望まれており、実現すれば海洋エネルギー機器の総経費の30%から40%を占めるといわれる保守点検や海洋調査の費用を大幅に軽減することが可能となる。

第1段階として、潮流1.0m/sec以下、水深25mにおいて運用可能な「潮流下稼働可能型有策海中ロボット:Tidal Current Remotely Operated Vehicle」を開発した。開発した海中ロボットは1.2m×0.7m×0.3mの大きさで、推進用のスラストとして150Wを4基、昇降用スラストとして90Wを2基搭載している。半自律的に姿勢を制御するために、防水耐圧容器の中にはコンピュータ、マイコン、慣性航法装置、バッテリー、緊急浮上システムを搭載している。試験水槽における動作確認の結果、カウルを装着することで潮流の影響を50%低減できることが確認できた。また、初期動作、自律・手動制御が正常に稼働すること及び速度1.0m/secで航行可能であることを確認した。

参考文献：

- [1] 野瀬幹夫, 木下健, 平山哲朗, 古野弘志, 京円太亮, 佐藤雅紀, “潮流下稼働可能型海中ロボットの開発 (第1報)”, 日本船舶海洋工学会講演論文集2019S-GS26-1, pp.621-624, 2019

2. 平成30年度戦略的研究成果報告書

研究課題名	研究者
ME機器簡易チェッカシステムの構築と臨床工学教育への適応性評価	池 浩司 水野 裕志
バイオマス資源を用いた有用資源生産実験～生態系保全に関する基礎研究～	蒲原 新一 繁宮 悠介 市瀬 実里 中道 隆広
嚙下筋組織電気刺激型トレーニング装置の研究開発	川添 薫
**海洋産業創出のための潮流下稼働可能型海中ロボットの研究開発	野瀬 幹夫 木下 健 石川 暁 佐藤 雅紀 松岡 和彦 古野 弘志
坂の街長崎の高齢者をサポートする階段電動アシスト手すりの開発	佐藤 雅紀 松井 信正 井 智英
橘湾のエコロジーとその視覚化-橘湾の自然環境の保全をめざして	繁宮 悠介 松岡 和彦 蒲原 新一 中道 智英 柴田 隆広 守 守
コンクリート強度推定における新しい微破壊試験方法の開発（その2）	薄 達哉
地方における小規模学校向けのe-Learningシステム	田中 賢一 大山 健 三田 淳司
『グラバー図譜』の3次元CG化とそれを活用した新たな社会貢献に関する研究	崔 智英 繁宮 悠介 松岡 和彦 柴田 守
初期構造計画時における全体強度解析・実用化システムの構築と最適化に関する研究	古野 弘志 野瀬 幹夫
*バイオ燃料（バイオガス，BDF）のディーゼル機関への適用	平子 廉 村上 信明 中道 隆広
**風力発電装置メンテナンス技術に関する検討（その1：異常検知技術の開発）	本田 巖
医療サービスのIoT技術に関する基礎研究	松井 信正 田中 賢一 水野 裕志 横井 聖宏 梶原 一宏
EHDマイクロポンプにおける圧力生成モデルの開発	松川 豊
**次世代型バイタルモニタリングシステムの研究開発	水野 裕志 清山 浩司
老人性難聴を有する高齢患者が明瞭に聞こえる輸液ポンプの輸液完了警報音に関する研究	本村 政勝 池 浩司
*共同研究先との数値解析による検討と振動実験による実現象の解明	黒田 勝彦
**食道癌ステント留置術に用いる電導型イングロース焼却ステントの研究開発	清水 悦郎 川添 薫 池 浩司 藤原

* 技術論文として掲載済み ** 論文発表前のため未掲載

ME 機器簡易チェッカシステムの構築と 臨床工学教育への適応性評価

池 浩司、水野 裕志

[I] 事業概要

現在販売されている医療機器用のチェッカは高価であり、使用前後の清拭や簡単な機能点検などは臨床工学技士が行うが、詳細な出力レベルのチェックなどの定期点検はメーカーが行う場合も少なくない。そこで、臨床工学技士が扱い易い小型で簡易的なチェッカを開発することで、病棟等で機器の異常などが発生した場合、迅速に故障の有無を確認することができ、安全な医療の提供に繋がる。また、開発したチェッカを実際の教育現場で実習等を通して学生が学ぶことで、機器への理解や電気・電子回路の知識向上に繋がると考えられる。

[II] 活動状況

本年度の活動として、①心電計、②心電計チェッカ、③ペースメーカチェッカの3つの機器の開発を行った。心電計に関しては擬似的に故障状態を発生させることが出来るように、電子回路を各ブロック毎にブレッド上に組立てた。心電計チェッカは任意の心電波形を出力できるように、PWM回路を用いて一定のパルス波形を出力できる電子回路をブレッドボード上に組立てた。ペースメーカチェッカに関しては、オシロスコープ等の測定機器は一般的に病院内に保管されている場合が少ないので、テスターを用いて出力電圧を測定できるようにピークホールド回路をブレッドボード上に組立てた。

[III] 成果など

①心電計

バンドパスフィルタ、ハムフィルタ等を用いて心電計回路をブレッドボード上に組立て、除細動器エネルギーチェッカから出力される心電波形を観測した。

②心電計チェッカ

PWM回路を設計し、徐脈や頻脈といった任意のパルス波形を出力させ、オシロスコープで出力を測定した。

③ペースメーカチェッカ

体外式ペースメーカからの出力をテスターで測定できるように、入力電圧のピーク値を保持するピークホールド回路をブレッドボード上に組立て、オシロスコープにて出力電圧を測定した。測定結果からパルス波のピーク値を直流電圧に変換することが可能であった。

[IV] 今後の課題

心電計のフィルタ定数の調整、心電計チェッカで任意の心電波形を出力可能な回路の設計、ペースメーカチェッカで出力パルス間隔や感度をチェック可能な回路の設計などが今後の課題である。また、開発を行った機器を統合し1つのボックスに収納し、学生の実習等に使用し機器への理解度向上に繋がるように構造を検討する必要がある。

バイオマス資源を用いた有用資源生産実験 ～生態系保全に関する基礎研究～

蒲原 新一、井上 弦、繁宮 悠介、中道 隆広、市瀬 実里

【I】 事業概要

汚泥発酵肥料（大地のめざめ1号）を海洋における環境改善資材（栄養分）として利用し藻場の再生及び、磯焼けを改善するため次の方法により研究開発を進めている。

(1) 藻類養殖におけるバイオマス残渣成分の有効性

陸上大型水槽での海藻養殖技術の確立および海洋へ投入する海藻育成のため、大型水槽で実験および育成を行う。

(2) 海洋における藻場の状況モニタリング環境の構築とデータ収集・分析

海洋に投入した海藻の育成状況をモニタリング可能とする環境（LPWA による無線やロボットの活用）を構築し、データの収集と分析を行う。

【II】 活動状況

図 1. に示すような閉鎖系海水循環装置を組み立てた。実験水槽からの排水は、電源無供給で稼働するサイフォン式オーバーフローを採用し、濾過槽は透明色の正方形バックルコンテナで代用した。また、光合成用照明は光束を 2400 lm に設定し、人工海水（マリンソルト社）による循環の際から導入を開始した。



図 1. 閉鎖系海水循環装置

【III】 成果など

閉鎖系海水循環装置を組み立てたのち、自然海水を注入することで閉鎖循環システムの構築を行った。閉鎖系海水循環装置の試運転に環境指標生物（ストレスマーカー）としてメジナ *Girella punctata* の飼育を行った。メジナは雑食性で、夏場は主に甲殻類などの小動物を捕食するが、冬場は主に海藻を食べるため、水温変化に応じた食性の変化が見られるという理由で選択した。また水質向上の有無を確認するために 2 種類の二枚貝、4 種類の海藻（緑藻・紅藻・褐藻）を採集し、実験水槽に段階的に投入した（図 2）。

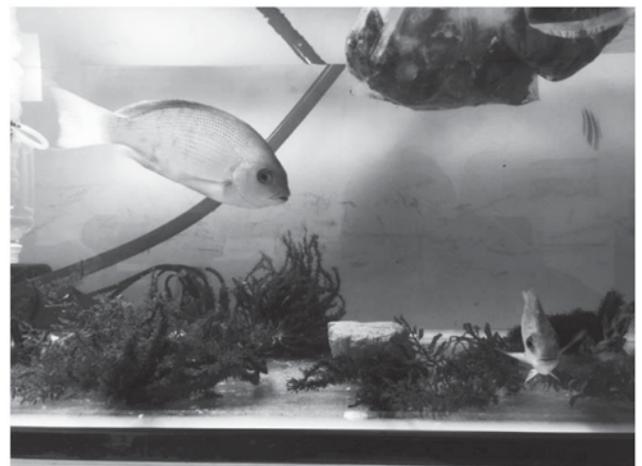


図 2. 閉鎖系海水循環装置の試運転

注入を開始して約1週間は、自然海水は透明水槽において目視で確認できる程度に緑色であり、顕微鏡下で微細藻類が観察されたことから富栄養状態であることが伺えた（図3）。

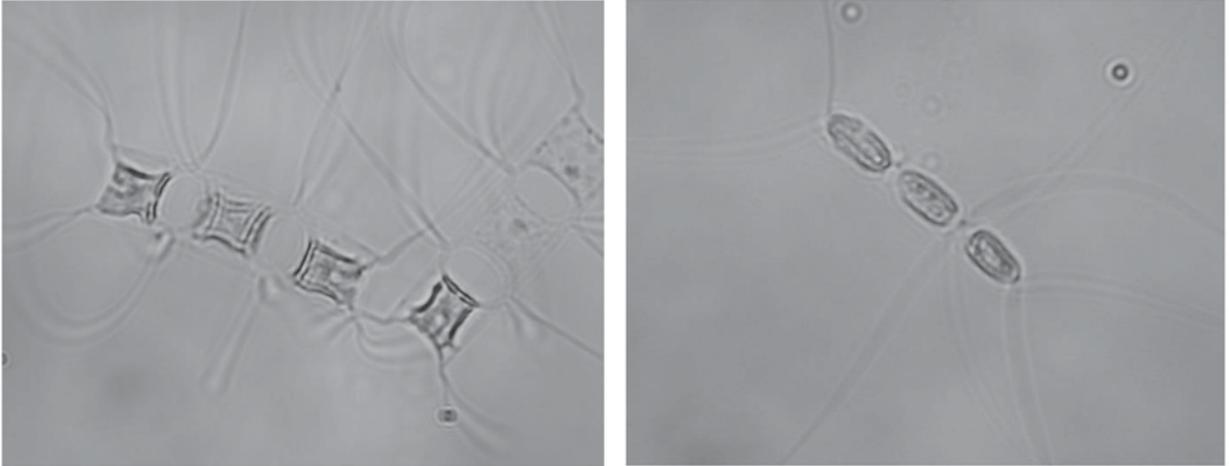


図3. 自然海水で観察された微細藻類（アオサ藻類）

閉鎖循環でのpHは一般的に7.4～8.4の範囲で良好な硝化作用が維持されるとされており、pHが7.0以下になると硝化細菌の活性が落ちて硝化が進まなくなる可能性が報告されている。今回の実験ではpHは平均して7.5を維持していたが、人工海水に入れ替える直前の自然海水では7.0を下回ったことがあった。これは、実験水槽中の藻類の減少が原因であり、脱窒が正常に行われていなかったと考えられる。人工海水入れ替え後に光合成用照明器具を導入することにより、亜硝酸およびアンモニアともに速やかに改善・安定化したことが確認された。

[IV] 今後の課題

閉鎖系海水循環装置内の環境において、硝酸については高濃度状態が比較的長期間続き、実験水槽中の脱窒の速度が遅いことが示唆された。硝酸については、脱窒槽の設置による海洋性脱窒細菌の有効性の有無を検討する必要がある。

また、長崎ペンギン水族館と連携しながら自然海水を利用した実験環境を構築し、海藻の育成状況をモニタリング可能とする環境の構築を進めていく。

嚥下筋組織電気刺激型トレーニング装置の研究開発

川添 薫

[I] 事業概要

現在、日本における死亡理由の第三位は肺炎であり、肺炎の死亡者のうち約96%を65歳以上の高齢者が占めている。肺炎の中で誤嚥性によるものは、60歳を超えると5割、90歳を超えると9割を占めており、現在進行している高齢化が進むにつれて誤嚥による肺炎患者の総数は今後より増加していく傾向にあり、早急な対策が求められている。そこで、高齢者の誤嚥性肺炎予防を容易に行うことが可能となるようにEMS (Electrical Muscle Stimulation) を利用した高齢者嚥下障害予防用電気刺激装置の開発研究を行い、嚥下障害の改善にかかる医療関係者の労力削減とともに、容易に嚥下障害を予防できる機器の開発を目的とする。

[II] 活動状況

口腔内刺激電極の製作では、プラスチック粘土を用いて手形を形成や、3Dプリンタを用いて口腔内刺激電極の型を作成し、内部にシリコンを流し込むことでより衛生的に優れた口腔内刺激電極の製作を行った。電極部に対する電流は、筋肉に対してより瞬間的に電流を流すために方形波ではなく三角波を流し、筋刺激の比較実験を行い嚥下に必要となる筋反射の状況について検討を進めた。電流は回路構成により三角波を得るために採用した(微分回路)で、通電時の痛み軽減を行うため、時定数を0.15sec (1.5 μ F, 100 k Ω) に設定し通電時間の短縮を行なって検討した。(図1)

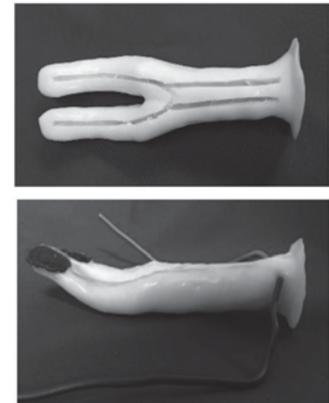


図1 嚥下訓練装置

[III] 成果など

1. 安全性確保のために、開発を行なう前に通電時の熱傷実験を実施し、120Vから60Vまでの範囲では模擬的人体組織が熱傷した状態となり、50V以下では熱傷が確認できず、有効な出力であると確認された。
2. 電気刺激で嚥下訓練が行うことができるかの検証実験において、筋組織の刺激運動が確認され、嚥下障害を予防できる機器として使用可能であると示唆された。また、体外からの電気刺激において体表面の筋肉が刺激され、電気刺激により一定のリズムで筋組織の運動状態が確認できた。
3. 長い電気刺激間隔と連続的なリズムにおいて、嚥下のリズムに近似した筋組織への刺激が可能であった。
4. 口腔内からの電気刺激において、10V~15Vで舌骨上・下筋群が刺激された。

[IV] 今後の課題

本装置のモデル機を更に改良し、電気刺激による嚥下訓練効果について検討を重ね、本装置の安全性を踏まえた小型化を進める予定である。

坂の街長崎の高齢者をサポートする階段電動アシスト手すりの開発

佐藤 雅紀, 松井 信正, 崔 智英

[I] 事業概要

交通網の縮小化や高齢化により全国で「買い物難民」と呼ばれる人々が増えつつあり、国が予算化している。特に長崎は坂の街と呼ばれ、細く入り組んだ斜面に様々な形状の階段が多数存在するため、設置や保守点検に優れた装置が要求される。また観光の街でもあり、景観を考慮したデザインが求められる。

長崎県特有の研究課題のひとつである高齢者の階段昇降について、地元企業と共同で電動アシスト手すりを開発する。初年度は、試作機を用いて使用者の姿勢や移動速度を評価するシステムを構築し、次年度以降は外部資金の獲得を目指す。

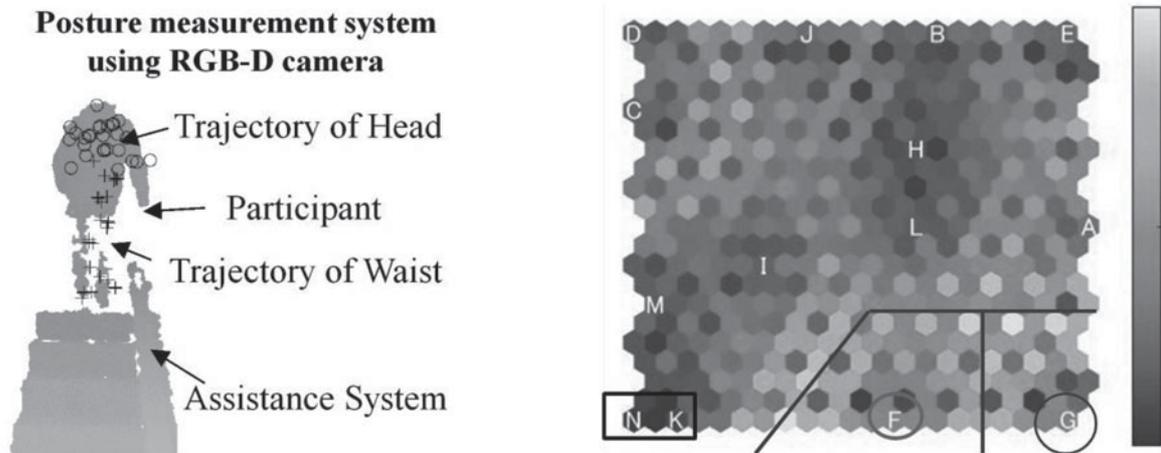
[II] 活動状況

すでに長崎市内に設置されている階段電動アシスト手すりは、地元住民のほか観光客にも利用されるなど実用運転がなされている。こうしたアシスト装置を社会実装するためには、利用者にとって安全かつ最適な移動速度で運用する必要がある。一般的にアシスト装置等の性能評価では、被験者の筋電や酸素摂取量を計測するための装置を身に着けることが多い。これらの性能評価方法は被験者の身体的な負担が大きいほか、実験室の温度や湿度まで統一する必要があるため、なかなか難しい。そこで本事業では、「被験者が楽に階段昇降できる」＝「安全かつ最適な移動速度」と考え、非接触で計測することを優先した。

被験者が楽に階段昇降できているか判断する一方法として、被験者の姿勢を計測することにした。非接触に被験者の姿勢を計測するため、Kinect for Windows V1（以降、Kinect）と MATLAB を採用した。Kinect は非接触で人体を検出可能な RGB-D カメラとなっており、MATLAB で計測データをまとめ、人工知能を活用したデータの分類や最適な移動速度の算出を予定している。初年度は、Kinect を用いた計測を実施した。また、人工知能を用いたデータの分類が可能かどうか、大学生を対象として計測したデータを分類した。

図 1 に Kinect で計測した結果を MATLAB で図示したものを示す。検出した人体の骨格の時系列データ（軌跡）として、頭部と腰部をそれぞれ丸印とプラス印で示している。

利用者ごとに安全かつ最適な移動速度を設定することができればよいが、年齢、性別、身長、体重など様々な因子が影響するため容易ではない。そこで、いくつかの基準となるデータベースを用意し、利用者ごとに微調整することを考えた。この基準となるデータベースの構築に人工知能の一種である自己組織化マップ（SOM：Self-Organizing Map）を採用した。初年度は、一般的な階段を昇段する際の姿勢を計測し、その計測データを SOM で分類が可能かどうか試験した。計測データは、被験者の頭部および腰部の三次元座標の時系列となる。SOM で分類するデータは、頭部および腰部の左右方向への移動量、階段を 1 段昇段するために要する時間（秒）の 5 次元データとした。SOM で分類した結果を図 2 に示す。大学生 14 名が階段を 10 段昇段したデータを分類している。図中の左下に配置された被験者 N と K はデータが近く、被験者 F および G は、他の被験者と比較して大きく異なることが分かる。



左：図 1：Kinect で計測した人体の骨格（頭部および腰部）の軌跡を MATLAB で図示

右：図 2：自己組織化マップを活用した階段昇段時のデータの分類の例

【III】 成果など

研究はおおむね順調であり、構築した計測システムで計測した結果をまとめ下記の研究発表講演を 1 件実施した。

佐藤雅紀, 井手晶太, 高橋正剛, 檜山和久, “坂の街長崎における階段昇降アシスト装置の性能評価- (第 1 報) RGB-D カメラを用いた姿勢計測システムの構築と評価-”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2018, 1A1-H11(1)-(2), 2018

【IV】 今後の課題

計測システムを構築し、被験者の骨格の検出ができた。また骨格の三次元データを分類することができた。今後は、より高速で骨格検出し三次元データを計測できるようにシステムを改良する。また、階段昇降において人体のどの部位のデータが、階段電動アシスト手すりの性能評価に有効か検討する。

橘湾のエコロジーとその視覚化-橘湾の自然環境の保全をめざして

繁宮悠介、松岡和彦、蒲原新一、崔智英、中道隆広、柴田守

【I】 事業概要

本研究は、(1)本学が伝統的に取り組んできた「橘湾のエコロジー(生態学的分析)」を学際的グループ(生物学、船舶工学、環境情報学、デザイン工学、環境化学、法・政策学)が継承して、ペンギン水族館及び地元の漁協などの協力のもとに発展させ、(2)その成果を3DCGや映像により「視覚化」して、社会教育機関や学校教育機関での教育に役立て、生態学的リテラシーの獲得に寄与するとともに、視覚化した研究成果を橘湾の自然環境の保全(資源の管理および活用)に還元することを目的とするものである。

【II】 活動状況

(1)橘湾の生態学的分析(水質データ、衛星画像・気象データ、水中ロボットやドローンによる映像データをもとに、総合的な観点から分析する)について意見を集約し方針を決めると共に、2018年度は2回の橘湾調査を行い、水質調査(特にFe)と映像撮影を行った。(2)研究成果の視覚化(日常感覚ではとらえきれない現象や理解しにくい理論的説明を3DCGや映像により視覚化する)という点においては、東長崎地区の3Dマップに土地利用図や航空写真をプロジェクションし、また学生と共に東長崎地区の海および陸の自然景観をムービーにまとめ、学園祭において展示を行うことで市民に紹介した。



【III】 成果など

環境データを視覚的に伝達する手法を様々な研究分野の視点で考察し、一つの試案を提示できたことは大きな意義があった。降水量や水質、光合成量や潮流など、さまざまなデータが各研究分野から集まるので、それを海と河川流域という単位で視覚化していくことは、科学データの活用の点でも、市民の環境理解の点でも大きな役割を果たしていくことが確認できた。

【IV】 今後の課題

本学に蓄積された地域のデータを視覚的にわかりやすく伝達することが求められている。今後はデータの提示方法について、直感的に理解可能で、魅力的な映像とするためのデザインの検討が重要である。

コンクリート強度推定における新しい微破壊試験方法の開発 (その2)

薄 達哉

Ⅰ 事業概要

既設の海洋構造物および陸上構造物の維持管理において、重要な構造材料であるコンクリートの強度をより簡単に推定することが求められている。

しかし、コンクリート構造物の構造体コンクリート強度を推定するには、一般的に構造体からコンクリートコアを採取後（図1、2参照）、圧縮試験を行う必要があるため、コアの抜き取りによる構造体への影響、作業手間およびコストの負担が大きくなるという問題点がある。

そこで、本研究では、構造体への影響を小さくし、電動機器等を用いなくて、より効率的にコンクリート強度を推定する新しい試験方法の開発を目的に、昨年につき、その2として検討を行った。



図1 コンクリート壁面のコアボーリング

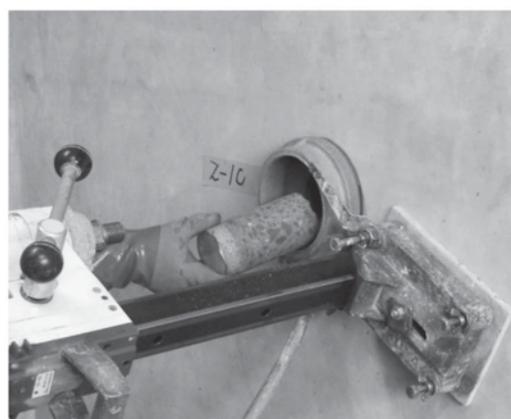


図2 コンクリートコアの採取

Ⅱ 活動状況

開発する試験方法は、錘の位置エネルギーを利用して釘をコンクリートに打ち込み、その貫入量からコンクリート強度を推定する方法で、これまでに基礎実験を実施して、その成果を2016年度日本建築学会全国大会および2017年度日本建築学会九州支部研究発表会で発表してきた。

これまでの実験は、床面などのコンクリート水平面を想定し、錘を釘の真上から、アクリルパイプの中を自由落下させて打撃する方法を中心に実験（図3参照）を行ってきたが、今回の実験では、壁などのコンクリート鉛直面も打撃できる「振り子式試験機」を製作して実験（図4参照）を行った。

また、実験データを増やす目的で、学生製作による供試体Aの他に、コンクリート専門業者製作による供試体Bを用いることにより、コンクリートの調合や材齢などの供試体条件を変えて、これまでよりも多くの実験を実施した。

今回の実験手順は、専用治具により前打ちを行って供試体に釘を自立させた後（図5参照）に、「振り子式試験機」を用いて釘を打撃した。各実験過程における釘長さを計測した後に、圧縮試験（図6参照）を行って、釘貫入量とコンクリート強度の関係を調べた。



図3 これまでの実験方法



図4 今回の実験方法



図5 釘の自立状況



図6 圧縮試験

[III] 成果など

実験の結果、これまでの実験と同じように、供試体 A および B ともに、コンクリート強度が高くなるにつれて釘貫入量が小さくなるという関係（図 7、図 8 参照）が得られたため、その関係式を明らかにすることによって、コンクリート強度が釘貫入量から推定できることがわかった。

ただし、コンクリートの調合や材齢などが変わると関係式が若干変わる傾向にあるが、その要因を特定することはできなかった。

なお、供試体 B において、コンクリート強度が高いものについては、圧縮試験機と供試体の間の摩擦力の影響をできるだけ低減させる追加実験を行ってデータを補正している。

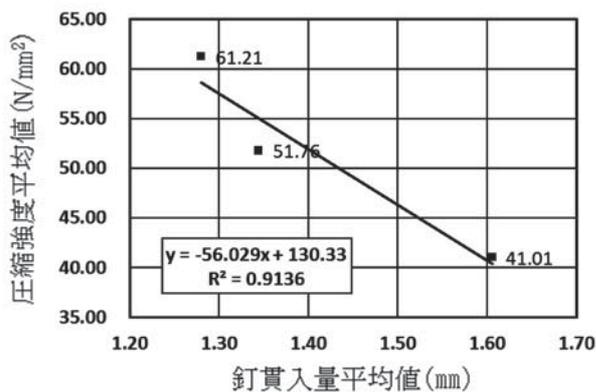


図7 供試体 A の実験結果

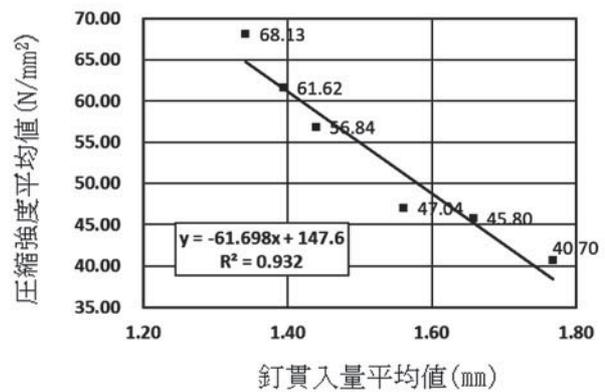


図8 供試体 B の実験結果

[IV] 今後の課題

既存構造物のコンクリートに、錘の位置エネルギーを利用して釘を打撃貫入し、その貫入量からコンクリート強度を推定する新しい微破壊試験法の開発を目的に、「振り子式試験機」を用いて多くの実験を行った結果、これまでと同様の結果を得ることができた。

一方、コンクリートの調合や材齢などの供試体条件、また、釘貫入量の計測方法やコンクリート強度が高い場合の圧縮試験方法など、様々な実験条件が結果に影響することが明らかになったので、この微破壊試験法を確立するためには、今後さらに多くの実験が必要である。

地方における小規模学校向けの e-Learning システム

田中 賢一, 三田 淳司, 大山 健

[I] 事業概要

地方小規模学校においては少ない予算や資産で必要最低限の効果を有する e-Learning システムの開発が急務である。この見地から、高等学校の授業である科目「情報」におけるパソコン操作指示システムの開発を行ってきたが、評価に関する部分が重要なファクターであることから、本年度は、道徳教育において上菌が提案した”連想法”を導入した情報科教育に関する部分の検討を行い、情報科教育の評価におけるフレームワークの一提案を行うことができた。

[II] 活動状況

試作したパソコン操作指示システムを用いて、活水高等学校 3 年生の授業のなかで、パソコン操作指示システムによる教育効果に関する評価を行った。本来は、このパソコン操作指示システムを使用した場合の生徒と、そうでない生徒とを比較評価をすれば、明快な結果が期待できるであろうが、この方法だと被験者の倫理面で問題となるため、ひとつの方法として、情意面などを種々解析可能な方法である連想法の導入によって、その教育効果を推し量ることとした。授業時間内での評価を行うことから、5 月と 12 月の合計 2 回、連想法を用いた評価実験を行い、その結果を連想マップとして表示し、それから得られる所見に関する解析を行った。

[III] 成果など

この 2 回の評価実験により、全般的に成長の大きい生徒には「楽しい」という自己肯定感が高まってきたことや、専門用語などの連想語数の著しい増加から、科目の理解が深まっていることが分かった⁽¹⁾。また、キーボードの打鍵数も高校生の平均打鍵数の約 2 倍の成果も得られ、キーボードの打鍵数が速くなれば、情報教育の成果もおおいに得られることも明らかとなった。

[IV] 今後の課題

今後はこの解析結果をいかにして速やかに得るかなどの自動化に関する部分を中心に、人工知能的アプローチによる工学的かつ実用への道を模索する必要がある、地道に継続して取り組む必要がある。

(1) 梅本雄史, 田中賢一, 上菌恒太郎, ”情報科教育における授業評価フレームワークの一提案 —連想法の導入—”, 日本情報科教育学会全国大会, (2018).

『グラバー図譜』の3次元CG化と それを活用した新たな社会貢献に関する研究

崔智英、繁宮悠介、松岡和彦、柴田守

Ⅱ 事業概要

本研究は、(1)長崎が誇る歴史的資料の1つである『グラバー図譜』に描かれた魚類を最新のデザイン技法・技術を取り入れて3次元CG化[現代的価値の付与]をするとともに、それを活用して、(2-1)3次元MR(複合現実)の構築に関する基礎的研究を行い[デザイン資源の活用方法の探求]、また(2-2)ペンギン水族館などとの連携をもとに、東長崎の小中学校の児童生徒を対象に、生物学を中心とした教育を実際に行い、科学教育の新たな方法について探求するもの[社会貢献の方法の探求]である。

Ⅲ 活動状況

(1)最新のデザイン技法・技術を取り入れた『グラバー図譜』の3次元CG化の点ではAdobe After EffectsおよびPremiere Proを使用し、体の動きや群れの動きを設定してムービーを作成し、さらにプロジェクションマッピング技術の応用により多面映写化を実現し、学園祭およびペンギン水族館での展示を通して多くの人に公開した。(2-1)3次元MR(複合現実)の構築に関する基礎的研究として、Windows MRとヘッドマウントディスプレイを用いて実用化に向けた試験を行い、一部を学園祭で展示した。(2-2)デジタルコンテンツを活用した新たな科学教育に関する基礎的研究として、魚類の行動・生態を再現した映像のほか、デジタル塗り絵やペーパークラフトという遊びを通して魚類の形態を知覚するコンテンツを学園祭において提供した。



Ⅳ 成果など

長崎の歴史資源を活用したデジタルコンテンツを発展させ、学外でも展示することができたことは、教育・観光資源としての今後の利活用に向けた大きな進展であった。活動を通して、各自とそのゼミ生の知識および技術が向上したことは、研究においても教育の面でも大きな成果であった。具体的な活動内容と成果については、本学地域科学研究所紀要「地域論叢」第34号にて報告した。

Ⅴ 今後の課題

一般的なCG/VRコンテンツの制作がプロのチームで行われている中で、教員と学生という時間と能力に限りがあるメンバーで制作を行うためには、明確な目標とともに快適な制作環境により高度で効率的なCG/VR制作の手法を研究していく必要がある。また、学際的な取り組みにより、広い視野で、深い理解に基づく作品を制作していくことが可能と考えられる。そのためには、必要に応じて学外でのサンプリングや、有償で加工用の映像データを購入しながら、高度化と効率化を進めていくことが必要である。

初期構造計画時における全体強度解析・実用化システム の構築と最適化に関する研究

古野 弘志, 野瀬 幹夫

[I] 事業概要

初期構造計画段階において経験の浅い技術者でも構造特性を容易に理解できる「簡便で統一的な横断面の反りを考慮した全体強度解析の実用化システム(以降, Total-Warps と呼ぶ)」の開発を目的としている。本研究では, このサブシステムの一つである「水平曲げ及び振り荷重を受ける船体の振り強度解析の実用化システム(以降, TR-Warps と呼ぶ)」の解析法に閉断面にも対応できる解析法を組み込む。その後, このサブシステムを Total-Warps に組み込んで Visual Basic (以降, VB と呼ぶ)に移行し, 簡便かつ短時間で入力できる入力システムを開発する。最後に, TR-Warps に構造最適化手法を導入し, 若手技術者でもより精度の高い全体強度評価ができる Total-Warps を開発する。

[II] 活動状況

これまでの研究で, Total-Warps を構成する3つのサブシステム(VB-Warps (縦曲げ強度解析実用化システム), HB-Warps (水平曲げ強度解析実用化システム)および TR-Warps)の VB への移行が完了し, Total-Warps にまとめあげる準備ができた。ただ, TR-Warps では, コクサ船機関室部のような閉断面において FEM の解析結果と比較すると, その直応力は十分な解析精度が得られていなかった。このため, 閉断面の取り扱いについて他分野の文献調査を行い, 最近のセンザルベッチの研究が有効であることが分かり, TR-Warps へ導入した。しかし, それでも機関室部の直応力分布について定性的な傾向の一致は見られるものの解析精度は十分ではなかった。現在は, 閉断面における解析精度向上に係る研究を行いつつ, 西部造船会技術研究会構造部会や学会の構造研究会にも参加して最新の研究動向調査や技術審議等を通して本研究を進捗させている。

[III] 成果など

本年度は, 横断面の算入部材を検討している際に, 以前プログラム上の制限で簡略化していた解析モデルを使用していたことが分かった。このため, 図面を基に解析モデルを見直し, 機関室部のような閉断面部を TR-Warps では開断面として取り扱うことで断面定数や接続定数が物理的に自然な分布となることが明らかになった。また, 閉断面部を開断面として取り扱う場合, 甲板をクステッキとして取り扱うことになるが, 機関室部や船首部のクステッキについては逆振り作用を考慮しない方が全体として傾向がよく一致することも分かった。現在の TR-Warps では, 閉断面における振り剛性を過剰または過小評価している恐れがあり, 振り易さや振り難さ等を表す構造特性についても検討する必要があることも分かった。

[IV] 今後の課題

今後の研究課題は, 上述の閉断面における構造特性の解明と VB に移行した VB-Warps, HB-Warps 及び TR-Warps を一つに統合し, Total-Warps を完成させることである。この際, 統合した Total-Warps に船体形状や荷重等のデータを入力するサブシステムを開発して組み込む必要がある。また, Total-Warps の

完成後は、コンテナ船に対して最新の船級規則を適用して解析を行い、コンテナ船の全体強度に係る構造特性について検討を行う。その後、Total-Warps への構造最適化手法の導入を目的に、制約条件付き非線形最適化問題における目的関数と設計変数の抽出を行い、遺伝的アルゴリズムを用いたパラメトリック最適化を試み、Total-Warps の有用性について検討を行う予定である。

医療サービスの IoT 技術に関する基礎研究

松井 信正, 田中 賢一, 水野 裕志, 梶原 一宏

[I] 事業概要

高齢化社会を背景に医療スタッフの人材不足が課題であり、人材補填として IoT 技術を活用した医療サービスの導入が急務となっている。本研究では、スタッフの重労働低減化を目標に、無電源センサを用いた見守りおよび医用機器から見た医療安全管理システムの検討と評価を目的とする。IoT 技術を活用した医療サービスは、スタッフの人材不足の解消につながるものであり、これまで、長崎市内の大規模病院や介護福祉施設を訪問し、無電源や非侵襲的なセンサを用いた見守りおよび医療安全に関する新たなシステムの開発が実用的に必要であることがわかった。本研究では、スタッフの人材不足の解消に向けて、医用機器の安全管理業務の観点から IoT 技術を活用したシステムを提案し、基礎研究として実験的評価する。

[II] 活動状況

臨床現場における医用機器の安全管理業務の課題の一つに、医用機器が使われている位置情報の不明確さが挙げられる。院内での医用機器の稼働は、24 時間連続がほとんどであるため、患者毎に対する機器の使用前後の点検を実施している医療施設は少ない。そのため、一旦使用された医用機器の位置情報や管理状況が把握できず、スタッフが院内を探し回ることが多いことから効率の悪い業務として改善が必要とされている。医療スタッフへのヒアリング結果を参考に提案するシステムは、スタッフの行動パターン並びに医療機器の位置情報を融合することで、効率の良い医用機器の安全管理を実現させる。

[III] 成果など

今年度は、基礎研究としてスタッフの行動パターンおよび医用機器の位置情報のデータ収集のための方法について検討したので報告する。スタッフの行動パターンを想定し、GPS 機能を有する電子機器を用いて位置情報を測定する。検討材料には、MobileActionTechnology 社製 GPS ロガー i-gotU GT-600 および Tile 社製 Tile Pro を採用した。図は、地図上に GPS ロガーでトレースした行動パターンを横軸に経度、縦軸に緯度を表し、地図上に重ね合わせた結果である。スタッフの行動パターンと Tile による医用機器の位置情報を融合することで、機器の最適な使用経路が検討できると考える。

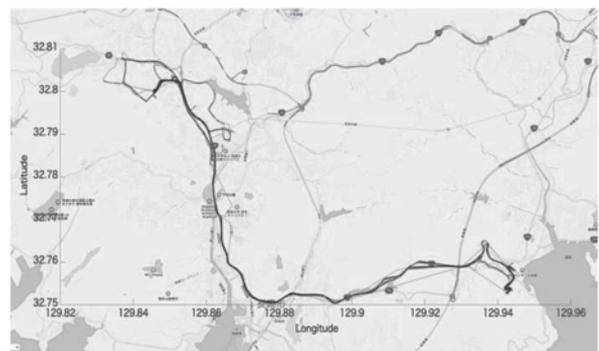


図 GPS ロガーによる行動パターン解析

[IV] 今後の課題

今年度は、医用機器の安全管理業務の観点から IoT 技術を活用したシステムとして、スタッフの行動パターンおよび医用機器の位置情報のデータ収集のための方法について検討した。今後は、実運用として行動パターン、機器の位置情報および使用頻度など、機器に対する安全管理業務の最適化手法の確立に向けたデータを検討し、その妥当性を確認していく予定である。

EHD マイクロポンプにおける圧力生成モデルの開発

松川 豊

Ⅰ 事業概要

流体工学分野における近年の主要な研究開発対象のひとつとして、マイクロメートルサイズの小型流体装置がある。そして、装置においては、作動流体の液圧または駆動力を発生させるマイクロメートルサイズのポンプすなわちマイクロポンプが必要となる。

マイクロポンプの構築において、機械的可動部を使用する従来のポンプを小型化する場合、機械的部品を小型化することが必要となる。そのため、この場合は部品の加工精度が課題となる。部品を小型化するほど加工精度の条件は厳しくなり、製作コストは高くなる。

そこで、電気流体力学 (Electrohydrodynamic, EHD) 現象の利用が考えられる。EHD 現象とは、図 1 に示すように、絶縁性液体に高電圧を印加すると流動が発生する現象である。EHD 現象を利用すると、液体中に電極を配置して電圧を印加するだけで流動が発生することから、機械的可動部を使用しないポンプを構築できる。そのため、EHD 現象を利用したポンプは小型化に向いており、EHD 現象を利用したマイクロポンプすなわち EHD マイクロポンプを構築できる。

EHD マイクロポンプは試作段階にあるが、ポンプ内での圧力生成の機構がまだよくわかっていない。そのため、効率的な設計開発のためには、圧力生成モデルを開発することが必要であり課題となっている。本研究は、主に理論と数値シミュレーションにもとづいて、圧力生成モデルの開発を目指す。

Ⅱ 活動状況

本研究では、EHD マイクロポンプとして代表的なイオンドラッグ型にまず着目してモデル化を進めた。イオンドラッグ型においては電極から液体に電荷が注入されると考えられている。しかしながら、定量的にはよくわかっていないことから、電極表面上における電荷密度を的確に予測できない。そのため、モデル化においては、電極表面上における電荷密度のモデル化が主要な課題である。

イオンドラッグ型では、絶縁性液体中に配置した電極間に高電圧を印加して強い電場を発生させる。その結果、電界放出または電界イオン化により電極表面上の液体に電荷が注入され、液体分子の一部が帯電してイオン化する。このとき、電圧が高くなるほど注入電荷量は増加する。そして、イオンが電場による Coulomb 力を受けて周りの液体分子を引きずりながら移動することにより、流動の駆動力が発生する。また、イオンが電荷担体となり、液体中に電流が流れる。このようなイオンドラッグ型の作動原理にもとづいて、マイクロポンプ内における EHD 流れをモデル化した。

電極表面上における電荷密度としては、ふたつのモデルを考えた。ひとつは、電極表面上において電荷密度が一定の値で一様に分布していると仮定するモデルである。既述のように、電極からの電荷注入過程は定量的にはよくわかっていないことから、この状況においては一般的に使用されるモデルである。もうひとつは、局所的な状況に応じて電荷密度が非一様に分布していると仮定するモデルである。このモデルは一様分布モデルに比べてより現実的であると考えられる。そのため、電荷密度が電極表面上における電場分布により決まると仮定してモデル化した。

以上のモデルにもとづいた数値シミュレーション計算コードを構築した。その計算コードにより、実験結果が報告されている EHD マイクロポンプにおける圧力生成の数値シミュレーションを実施した。

計算対象は Kazemi 他の実験[1]である。その結果、図 2 に示すように、マイクロポンプ内で生成する圧力差をよく再現できた。

[1] Kazemi, P. Z., Selvaganapathy, P. R. and Ching, C. Y., *Journal of Microelectromechanical Systems*, Vol.18, No.3 (2009), pp.547-554.

[III] 成果など

本研究の成果を、第 32 回数値流体力学シンポジウム（2018 年 12 月 11 日 東京）にて発表した。また、本研究を含む研究計画を平成 31 年度科学研究費に応募した。

[IV] 今後の課題

構築した電極表面上における電荷密度のモデルは調整パラメータを含んでおり、このパラメータの更なるモデル化が必要である。また、他の実験結果との比較による検証が必要である。

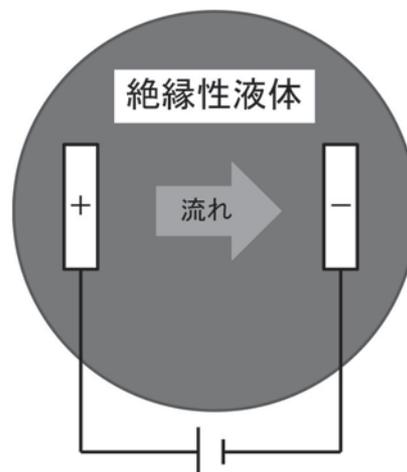


図 1 電気流体力学現象

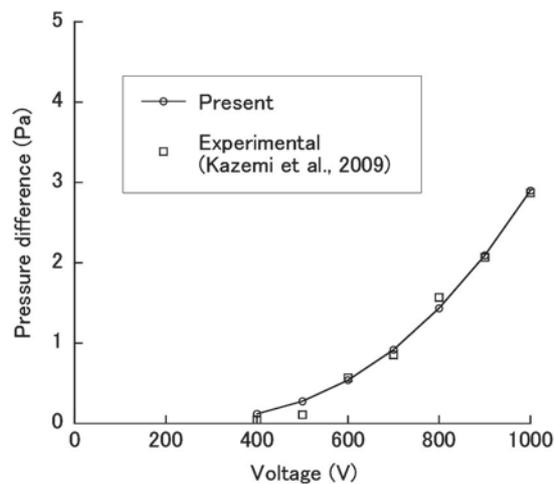


図 2 マイクロポンプ内で生成する圧力差

老人性難聴を有する高齢患者が明瞭に聞こえる 輸液ポンプの輸液完了警報音に関する研究

本村 政勝、池 浩司

【I】 事業概要

高齢者の患者が明瞭に聞こえる医療機器の警報音の研究開発を行うことで、警報音の聞き損いなどによる医療事故を防止することを目的に研究を行う。ヒトの聴覚特性は加齢と共に変化し、認識し易い音が若年者と異なる。このため、現在使用されている医療機器（特に輸液ポンプ）の警報音を MATLAB を用いて解析し、高齢者が聞きとりやすい音を制作する。本研究では、高齢者へのアンケートを通して現在の警報音と比較して高齢者が聞きとりやすい周波数、音階、リズムなどを解析し、新たな警報音を制作し評価・検証を行う。

【II】 活動状況

本年度の活動状況として、輸液ポンプの警報音を周波数 44.1kHz でサンプリングし、周波数・振幅・音階などについて解析を行った。また、高齢者が聞きとりやすい警報音が、周囲の雑音に紛れず明瞭に聞きとれるようにするため、電子機器音や救急車のサイレン音などについても同様の解析を行った。解析には MATLAB を使用した。

【III】 成果など

図 1 にトップ社製輸液ポンプ(TOP-2200)のバッテリー消耗時の警報音を 44.1kHz でサンプリングした場合の結果を示す。2.3kHz と 4.7kHz の周波数成分を多く含んでいることを解析した。

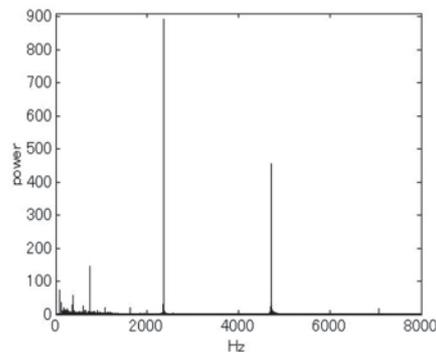


図 1 輸液ポンプの警報音スペクトル（バッテリー消耗時）

【IV】 今後の課題

高齢者が聞き取りやすい周波数、音階、リズム等を調査するため、複数のサンプル音を制作し聞きとりやすさのアンケートを実施する。対象者は若年者から高齢者とする。また、医療現場に近い室内環境（他の医療機器の警報音や雑音がある）で音量や周波数などを変えてサンプル音を評価することで、高齢者が聞きとりやすい警報音の制作のブラッシュアップに繋げる。

3. 技術交流会・シンポジウム開催状況

●第16回公開講演会

21世紀の科学技術「重力波 ～アインシュタインからの最後の宿題！～」

日時：平成30年10月27日（土）13：00～16：00

場所：長崎総合科学大学 3号館 6階 大講義室

開会挨拶 木下 健 長崎総合科学大学 学長

講演 1

「重力波をとらえる –日本の重力波望遠鏡 KAGRA–」

大橋 正健 氏（東京大学 宇宙線研究所 重力波観測研究施設長 教授）

講演 2

「重力波源からの光をついに観測 –日本の望遠鏡群が捉えた重元素の誕生現場–」

川端 弘治 氏（広島大学 宇宙科学センター長 教授）

閉会挨拶 田中 義人 長崎総合科学大学 新技術創成研究所長

【公開講演会報告】

東京大学宇宙線研究所の梶田先生よりご推薦頂き、昨年ノーベル賞対象にもなった重力波について、東京大学宇宙線研究所重力波観測研究施設長の大橋正健先生に講演を頂くことができた。美しいスライドを使いながら、非常に難しい話を、高校生にも分かるようにかみ砕いて、時折笑いを交えながら、軽快に話して頂いた。お陰様で、高校生、中学生、一般の方から沢山の質問が出て、大変盛り上がった講演となった。

また、川端弘治先生は、重力波観測を手がかりに、中性子星の衝突を発見されたときの様子を、当時のリアルタイム情報を使いながら話して頂いた。如何に世界中が競争し、偶然と必然の中で発見がなされたのかが手に取るように分かった。これによって、金や銀などの貴金属が宇宙に存在するなどが解ける可能性もでてきたということで、私達の身近な問題も感じる事ができた。

【講演内容】

講演 1 『重力波をとらえる –日本の重力波望遠鏡 KAGRA–』

東京大学宇宙線研究所 重力波観測研究施設長 大橋正健教授

アインシュタインの一般相対性理論によれば、質量をもった物体が存在すると、それだけで時空にゆがみができる。さらにその物体が（軸対称ではない）運動をすると、この時空のゆがみが光速で伝わっていく。これが重力波である。重力波はすべてを貫通し、減衰しないと考えられている。東京大

学宇宙線研究所の重力波研究グループでは、「重力波」の直接検出を行い、それを将来の「重力波による天体観測」の創生につなげていきたいと考えている。

「岐阜県飛騨市神岡町にある神岡鉱山の地下深くには、2002年にノーベル物理学賞を受賞した小柴昌俊博士の成果につながった宇宙素粒子研究施設「カミオカンデ」の後継施設「スーパーカミオカンデ」をはじめ、宇宙の謎に迫る世界最先端の研究施設が整備されている。いま、ここで新たな研究計画が動き出した。それがKAGRA計画（大型低温重力波望遠鏡計画）である。

この「望遠鏡」によって、地底深くからとらえようとしているのは、光や電磁波ではなく、重力がもとになって生まれる宇宙からの波動「重力波」である。重力は、宇宙の構造や進化を支配するとても重要な力で、重力波を観測できるようになることは、宇宙の謎を知るために非常に重要である。大型低温重力波望遠鏡計画は、ブラックホールの解明などをめざし、人類初となる「重力波の直接観測」に挑戦している。

講演2 『重力波源からの光をついに観測 - 日本の望遠鏡群が捉えた重元素の誕生現場 -』

広島大学宇宙科学センター長 川端 弘治 教授

広島大学、国立天文台、甲南大学、鹿児島大学、名古屋大学、東京大学などで構成される日本の重力波追跡観測チームJ-GEM（代表：国立天文台ハワイ観測所長・教授 吉田道利）は、2017年8月17日にアメリカの重力波望遠鏡Advanced LIGOとヨーロッパの重力波望遠鏡Advanced Virgoによって検出された重力波源GW170817の観測を行い、重力波源の可視光・赤外線対応天体を捉えて、その明るさの時間変化を追跡することに成功した。

2年前に人類が初めて重力波の直接観測に成功して以降、検出された4つ（ないし5つ）の重力波は、いずれもブラックホール同士の合体によるもので、可視光などの電磁波では捉えられていなかった。GW170817は、その重力波信号の特徴から、初めて、中性子星同士の合体である可能性が高いと予想され、「光る」ことが期待されていた。あいにくこの天体は南天（うみへび座の尾付近の方向）に位置し、日本では夕方の薄明中に沈んでしまう状況だったが（広島大学のかなた望遠鏡でも敢えて観測してみたが厳しいものだった）、南アフリカやニュージーランド、ハワイに建設された日本の望遠鏡で、その天体を鮮明に捉えることができた。

観測された可視光・赤外線の特徴は、中性子星合体に伴う電磁波放射現象「キロノバ」で理論的にうまく説明されるものだった。本研究により、宇宙における金やプラチナといった貴金属元素が中性子星合体によって大量に合成される可能性が高いことが見いだされた。

さらに、広島大学が日本チームの代表を務めているガンマ線衛星「フェルミ」によっても、この重力波源からのガンマ線が、重力波の信号から約2秒遅れて捉えられた。

2017年のノーベル物理学賞を獲得したばかりの重力波の直接検出だが、今回の一連の研究から、重力波が未知の宇宙への有力な観測手段であることが確実なものとなり、「重力波天文学」の本格的な幕開けが期待される。

4. 研究所員の研究活動状況

(1) 学術論文発表 (2018.4.1~2019.3.31)

	著者名	論文標題又は書名	掲載雑誌名又は出版社名	巻・号・頁・発行年月日	単著・共著の別 (共著の場合は共著者名)
環境・エネルギー部門	1 平子 廉	バイオメタン・バイオディーゼル燃料によるデュアルフューエル方式の直噴式ディーゼル機関への適用	創見創新 長崎総合科学大学大学院 新技術創成研究所 所報	第13号, pp1-6, 2018年	松田啓希, 小辻伊義, 中野隆樹
	2 平子 廉	メタンガス/BDFとのデュアルフューエルにおけるBDFの燃料物性の改良がディーゼル機関の排気ガス特性へ与える影響	日本機械学会九州支部第72期講演会	2019年3月	松田啓希, 鶴田凌, 山田敦士
	3 平子 廉	BDF/メタンガスデュアルフューエルにおけるアルコール添加のディーゼル機関排気ガス特性への影響	日本機械学会九州学生会第50回卒業研究発表会	514, 2019年3月	齋藤昌平, 松田啓希, 鶴田凌, 山田敦士
電気電子情報技術部門	1 黒川不二雄 丸田 英徳 松井 信正	Influences of Deterioration in Capacitor and Inductor on Current Sensorless Static Model DC-DC Converter	in Proc. The 2018 International Power Electronics Conference	pp. 826-830, 2018年5月	Masashi Taguchi, Jizhe Wang
	2 水野 裕志 黒川不二雄 松井 信正	Comparison of Optimized Demand of EGs for Minimizing Fuel Consumption and EGs Model with Power Grid Frequency Using a Hospital Load with PV	in Proc. The 2018 International Power Electronics Conference	pp. 2283-2286, 2018年5月	馬場哲平
	3 梶原 一宏 松井 信正 黒川不二雄	Performance-Improved Maximum Power Point Tracking Control for PV System	in Proc. 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications	pp. 1153-1156, 2018年10月14-17日	戸村日向
	4 梶原 一宏 松井 信正 黒川不二雄	Stability of Digital Hysteresis Current Mode Buck Converter for DC Distribution System	in Proc. 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications	pp. 1321-1324, 2018年10月14-17日	山崎孝介
	5 黒川不二雄 丸田 英徳 松井 信正	Optimization Design of Low-Pass Filter in Sensorless Static Model Control for Wide Input Wind Power System	in Proc. 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications	pp. 1304-1309, 2018年10月14-17日	Masashi Taguchi, Jizhe Wang
	6 水野 裕志 田中 義人 黒川不二雄 松井 信正	A New Load Prediction Method and Management of Distributed Power System in Island Mode of a Large Hospital	in Proc. 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications	pp. 1215-1220, 2018年10月14-17日	馬場哲平, Masaharu Tanaka, Ilhami Colak
	7 黒川不二雄 江藤 春日	Performance Characteristics of High Power Density Battery Charger for Plug-In Micro EV	IEEE PEAC 2018	A0467, D5.11, 2018年11月5日	Shinichiro Hattori, Jizhe Wang
	8 水野 裕志 田中 義人 黒川不二雄 松井 信正	Evaluation of An Island Operation Method Smart Grid Using A Power Emulation System	in Proc. 6th IEEE International Conference on Smart Grid	pp. 98-101, 2018年12月4-6日	馬場哲平
	9 江藤 春日 水野 裕志 松井 信正 黒川不二雄	Design Optimization of Renewable Energy System Using EMO	in Proc. 6th IEEE International Conference on Smart Grid	pp. 258-263, 2018年12月4-6日	Yuta Tominaga, Masaharu Tanaka
	10 水野 裕志 田中 義人 黒川不二雄 松井 信正	A New Approach of Load Rejection in Fault of PV Output in Smart Grid	in Proc. 6th IEEE International Conference on Smart Grid	pp. 246-249, 2018年12月4-6日	馬場哲平
	11 松井 信正 水野 裕志 梶原 一宏 黒川不二雄	[特別講演] 災害に強い大規模病院の再生可能エネルギーを使用した電力グリッド制御	電気学会 家電・民生技術委員会 (IEE-HCA)	pp. 35-39, 2018年5月10日	馬場哲平
	12 梶原 一宏 松井 信正 黒川不二雄	デジタルヒステリシス電流モードDC-DCコンバータの動特性	電子情報通信学会, 信学技報	pp. 11-15, 2018年7月2日	山崎孝介
	13 水野 裕志 田中 義人 黒川不二雄 松井 信正	電源エミュレータを用いた院内の単独運用方法の評価	電子情報通信学会, 信学技報	pp. 35-39, 2018年10月4日	馬場哲平
	14 水野 裕志 松井 信正	ディーブレーニングによる大病院の電力需要の予測方法	電気学会産業応用部門大会	Vol. 5, pp. 181-184, 2018年8月	馬場哲平
	15 松井 信正	[特別講演] 国際会議報告 ~ ECCE, INTELEC, ICRERA, icSmartGrid ~	電子情報通信学会, 信学技報	pp. 49-54, 2019年1月16日	馬場崎忠利, 石塚洋一, 池田敏
	16 松井 信正 丸田 英徳 黒川不二雄	広入力風力発電システムのための電流非検出静的モデル制御におけるローパスフィルタの最適化設計	電子情報通信学会, 信学技報	pp. 61-66, 2019年1月17日	田口雅, 王吉喆
	17 梶原 一宏 松井 信正 黒川不二雄	微分制御を用いたMPPT制御の特性評価	電子情報通信学会, 信学技報	pp. 73-77, 2019年1月17日	戸村日向

海洋・複合新技術部門	1	野瀬 幹夫 木下 健 古野 弘志 佐藤 雅紀	潮流下稼働可能型海中ロボットの開発 (第1報)	日本船舶海洋工学会講演会論文集	(編集)	平山哲朗, 京門太亮
	2	黒田 勝彦	Finite-element-based experimental statistical energy analysis of a mechanical structure subjected to base excitation	Proceedings of 25th International Congress on Sound and Vibration in Hiroshima	738.pdf, 2018年7月	並川修平
	3	黒田 勝彦	A Structural Design Process for Reducing Structure-Borne Sound using Variation of Vibration Input Power	FISITA2018	F2018-NVB-072, 2018年10月 (Chennai)	単著
	4	黒田 勝彦	SEAによる振動入力パワーの変動を考慮した振動と音圧予測に関する研究	長崎総合科学大学紀要	第58巻, pp.47-54, 2018年7月	単著
	5	黒田 勝彦	構造変更による振動入力パワーの変動に関する研究	長崎総合科学大学大学院新技術創成研究所所報	第13号, pp.25-29, 2018年9月	単著
	6	黒田 勝彦	接触を有する機械構造物のFEMによる振動音響モデル構築と解析に関する研究	機械学会環境工学総合シンポジウム2018	CD-ROM論文集, 119.pdf, 2018年7月 (東京)	荒巻聖, 宮入徹
	7	黒田 勝彦	基礎励振による構造SEAモデルの自動車パネルへの適用	日本機械学会Dynamics and Design Conference 2018	315.pdf, 2018年8月 (東京)	並川修平
	8	黒田 勝彦	SEAによる振動入力パワーの変動を考慮した自動車パネル振動の予測	日本機械学会年次大会 (No.18-1)	G1000601.pdf, 2018年9月 (大阪)	井上朝陽
	9	黒田 勝彦	基礎励振による構造実験SEAモデルの構築とSEAパラメータの適正化	PUCA2018	E23.pdf, 2018年11月16日 (東京)	単著
	10	黒田 勝彦	構造の伝達特性に着目した振動促進のための構造変更に関する研究	日本機械学会九州支部第72期講演会	No.198-1, A11.pdf, 2019年3月 (北九州)	湯浅那央斗
	11	堀 勉	静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定 — その2 : 任意の断面形状の場合 —	日本航海学会誌 Navigation	No.205, pp.28~34, 2018(H30)年7月	単著
	12	堀 勉	「浮体静力学」の基礎理論に対する新展開 — その1 : 「浮心=圧力中心」の証明 —	舟艇技報 Boat Engineering	No.135, pp.1~10, 2018(H30)年9月	単著
	13	堀 勉	「浮体静力学」の基礎理論に対する新展開 — その2 : 船のメタセンター半径 BM の導出に関する一考察 —	舟艇技報 Boat Engineering	No.136, pp.1~5, 2018(H30)年12月	単著
	14	岡田 公一	低変態温度溶接材料による疲労寿命延伸効果と溶接金属の破壊靱性に関する一考察	日本船舶海洋工学会講演会論文集	第26号, pp.245-249, 2018年5月21日	大沢直樹, 麻寧緒, 堤成一郎, 村川英一, 平岡和雄, 松崎拓也, 志賀千晃, 矢島浩
	15	岡田 公一	二相ステンレスクラッド鋼板のケミカルタンカーへの適用に関する基礎研究	日本海事協会誌	第322号, 2018年(1号), pp.151-164, 2018(I)	緒方洋典, 堺田和昌, 春山雄介, 深井英明, 黒沼洋太, 勝田順一, 矢島浩, 安藤翼, 福井努
	16	岡田 公一	Fundamental Study on the Construction of Chemical Tankers Utilizing Duplex Strainless Clad Steel Plates	Class NK Technical Review	No.322, pp.151-170, 2018年	Hironori Ogata, Kazumasa Sakaida, Yusuke Haruyama, Hideaki Fukai, Yota Kuronuma, Junichi Katsuta, Hiroshi Yajima, Tsubasa Ando, Tsutomu Fukui
	17	松川 豊	超音速ノズル内流れの実験的研究	長崎総合科学大学新技術創成研究所所報	Vol.13, pp.31-36, 2018年9月	浦田竜輔, 永川凱基
	18	松川 豊	イオンドラッグ型EHDマイクロポンプにおける圧力生成の数値シミュレーション	第32回数値流体工学シンポジウム講演会論文集	E03-3, 2018年12月	単著
基礎科学部門	1	田中 義人	Cross section and longitudinal single-spin asymmetry AL for forward $W^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} \nu$ production in polarized p + p collisions at $\sqrt{s}=510$ GeV	Physical Review Journals	D98, no.3, 032007, 2018年8月	
	2	田中 義人	Low-momentum direct-photon measurement in Cu + Cu collisions at $\sqrt{s}NN=200$ GeV	Physical Review Journals	C98, no.5, 054902, 2018年11月	
	3	田中 義人	Production of π^0 and η mesons in Cu+Au collisions at $\sqrt{s}NN=200$ GeV	Physical Review Journals	C98, no.5, 054903, 2018年11月	
	4	市瀬 実里	海藻生育を目的とした小型閉鎖循環システムの構築	長崎総合科学大学新技術創成研究所所報	Vol.13, pp.37-42, 2018年6月	岡部慎太郎, 野田僚太, 村田隼人, 八坂達也
	5	市瀬 実里	モデル生物を用いた発達障害における遺伝的素因に関する研究	総合人間科学研究学会別冊総合人間科学	1号, p3-8, 2019年2月	

(2) 講演・口頭発表

番号	講師	講演テーマ	学会名等	場所	実施日
1	蒲原 新一	ICT関連技術の基礎	公開講演会「ICT IoT AIは私たちの生活にどう活かされているのか」	長崎総合科学大学	2018年9月22日
2	中道 隆広	長崎総合科学大学バイオマス関連研究について	長崎県理科教育研究会	長崎総合科学大学	2018年11月30日
3	中道 隆広	これからの資源とエネルギー ～ごみが活躍する将来～	NiASセミナー	長崎工業高等学校	2018年12月12日
4	山邊 時雄	福井謙一と白川英樹博士とのノーベル賞逸話	長崎県理科教育研究会	長崎総合科学大学	2018年11月30日
5	平子 廉	エコカーの世界 ～自動車の環境とエネルギー～	NiASセミナー	長崎工業高等学校	2018年12月18日
6	下高 敏彰	水熱処理と高速消化処理を施した下水汚泥固形残渣の農地への利活用方法の検討	第55回下水道研究発表会	西日本総合展示場	2018年7月24日
7	薄田 篤生	水熱処理と高速消化処理を施した下水汚泥固形残渣の高速発酵技術の開発	第55回下水道研究発表会	西日本総合展示場	2018年7月24日
8	薄田 篤生 下高 敏彰	安全で有用な機能性コンポストの高速製造方法とその有効活用	アグリビジネス創出フェア2018	東京ビッグサイト	2018年11月20日
9	佐藤 雅紀	水中ロボット作りませんか？	NiASセミナー	佐世保工業高等学校	2018年6月18日
10	佐藤 雅紀	NiASプロジェクト（ロボット）	NiASセミナー	聖母の騎士高等学校	2018年9月16日
11	黒川 不二雄	低電圧・大電流電源のためのデジタル制御技術の課題と展望	低電圧/大電流化にどのように対応すべきなのか？「次世代デバイスのための電源セミナー」	大手町サンスカイルーム	2018年6月20日
12	清山 浩司	大学での学びと研究内容の紹介、高校生へ向けてのメッセージ	NiASセミナー	島原高等学校	2018年9月22日
13	清山 浩司	電子系の学びと研究	NiASセミナー	大村高等学校	2018年11月15日
14	清山 浩司	電気・電子系の学びと仕事	NiASセミナー	大村工業高等学校	2018年12月14日
15	水野 裕志	身近な医療技術	NiASセミナー	大村高等学校	2018年11月15日
16	黒田 勝彦	FEMを用いたSEA構造モデル構築に関する研究と振動法を用いたSEAによる振動騒音の予測プロセス	MSC Software 2018 Users Conference, ポスターセッション	東京コンファレンスセンター・品川	2018年5月30日
17	黒田 勝彦	インパネリフォースの高周波NVメカニズム調査に関する研究	トヨタ自動車九州研究報告会	トヨタ自動車九州	2018年8月1日
18	黒田 勝彦	構造変更によるSEA振動入力パワーの変動に関する研究, SEAパラメータを目的関数とする構造適正化方法	自動車技術会秋季大会, ポスター展示	名古屋国際会議場	2018年10月18日
19	黒田 勝彦	基礎励振による構造実験SEAモデルの構築とSEAパラメータの適正化	PUCA2018, E23.pdf	ヒルトン東京	2018年11月16日
20	木下 健 野瀬 幹夫 松井 信正 蒲原 新一 松岡 和彦 古野 弘志 佐藤 雅紀 中道 隆広	地域新電力事業モデル構築にむけた勉強会	五島市再生可能エネルギー推進協議会主催平成30年度第3回勉強会（平成30年度 農林水産省「農山漁村再生可能エネルギー地産地消型構想」支援事業）	福江総合福祉保健センター	2019年2月20日
21	野瀬 幹夫	HyperWorksを用いた上部構造物を有するコンテナ船の振り強度解析の事例と考察	ATCx 造船技術セミナー	アクロス福岡	2018年8月9日
22	野瀬 幹夫	飛び魚を目指した挑戦者たち	NiASセミナー	今治工業高等学校	2019年1月23日
23	松岡 和彦	海洋と関連分野の研究開発	平成30年度産学官イノベーション創出プロジェクト事業第1回産学官金連携サロン	長崎大学 文教スカイホール	2018年6月8日
24	下島 真	ロボットで遊ぼう	NiASセミナー	石田小学校	2018年8月2日
25	市瀬 実里	Altered monoamine dynamics and abnormal behaviors in Lrtn2-deficient mice	The 18th World Congress of Basic and Clinical Pharmacology (Kyoto)	国立京都国際会館	2018年7月5日

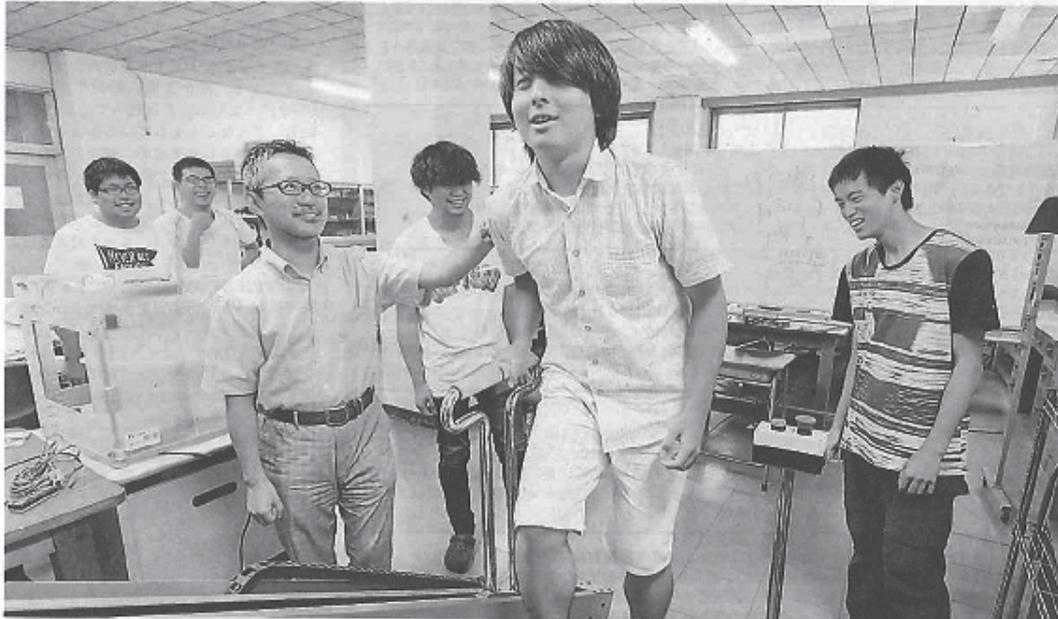
(3) テレビ出演

番号	氏名	放送日	放送局	番組名	内容
1	下高 敏彰	2018年7月5日	KTNテレビ長崎	KTNプライムニュース	自然由来肥料「大地のめぐみ」について

(4) 研究紹介新聞記事

20181001長崎新聞NR

陸海空で活躍 ロボット開発



学生たちで研究や実験に取り組む佐藤准教授（左から3人目）
 長崎市網場町、長崎総合科学大（則行優志撮影）

斜面地の歩行支援、海中調査 農作物の収穫…

農作物の収穫、斜面地の歩行支援、海中調査…。近年、農業は担い手不足で高齢化が進み、坂の街長崎では買い物袋を下げたお年寄りが懸命に階段を上り下りする。過酷な自然環境で作業に従事する潜水士たちは常に危険と隣り合わせ。こうした分野で活躍できるロボットの研究開発に学生たちと共に取り組んでいる。

ロボットは陸海空のさまざまな場所や場面で活躍が期待されているが、人間が容易に入れない海の中は「ロボットならではのフィールド」。研究室では、ここで役に立てる「水中ロボット」の開発に力を入れている。

藻場や漁礁の観測、構造物の設置・調査・補修、船底の点検、生き物の生態調査…。中でも東日本大震災以降、注目を集めている海洋再生可能エネルギーは、本県海域が浮体式洋上風力発電や潮流発電の実証フィールドに選定されている。

将来的に発電機の設置が進めば、広大かつ複数

エリアでの保守点検作業が想定される。悪天候時や潮流が速く危険な時間帯には「ロボットがまず現場の状況や被害を確認した上で、潜水士が優先順位をつけて修理作業に入っていくことも可能になる。うまく人とロボットがコラボできれば」と期待を込める。

しかし、ロボットの海での運用は難しく「ねじを1個締め忘れただけでも動かなくなる」。実用化となれば経済性や操作性も考慮に入れる必要があり、試行錯誤の連続だ。

学生たちと各種ロボットコンテストに出場。顧問を務めるロボットサークル「NiAS夢工房」はNHK学生ロボコンの常連だ。イベントなどにも積極的に参加し、子どもたちにもものづくりの魅力を伝えている。「自分で作ったロボットがきちんと動いてくれると達成感を得られるし、すごく楽しい。多くの失敗や苦労も報われる」

農家を人手不足から救うトマト収穫ロボットも開発。長崎市の斜面地に設置された階段昇降アシスト装置を、より「楽」に利用できるようにするための研究も地元企業と進めている。「人の役に立つロボットをつくりたい」。力を込めた。（向井真樹）

略歴



長崎総合科学大総合情報学部総合情報学科知能情報コース 佐藤 雅紀准教授

さとう・まさのり 茨城県日立市出身。九州工業大情報工学部制御システム工学科卒。同大学院生命体工学研究科脳情報専攻博士後期課程修了。博士(工学)。

福岡県産業・科学技術振興財団研究員、九州大産学連携センター連携部門特任助教などを経て、2013年に赴任した。最近の楽しみは1歳の長女と遊ぶこと。

ノンストップ

長崎総合科学大

伊王島の海 のぞいたら「海藻少ない」



大学生（右）に助言をもらいながら水中探査ロボットを組み立てる子どもたち
—長崎市、アイランドナガサキ

長崎総科大生らが指導

小中学生 水中探査ロボット製作に挑戦

長崎市伊王島町で8日、水中探査ロボット(ROV)の組み立て教室があり、地元の子どもたちがカメラの映像を通じて身近な海の中の探検をした。教室は海の魅力を伝え、関心を持ってもらうことを目的に、長崎総合科学大とのNPO法人長崎アイランズ・アクト3が昨年引き続き開催。市立伊王島小、中の児童生徒ら24人が参加した。この日は、塩ビパイプや風呂用のポンプなどを使ったROVを製作した。同大の松岡和彦准教授がROVの役割などを説明。子どもたちは同大学生や同大付属高生徒らから助言を受けながら、自分で形や小型カメラ

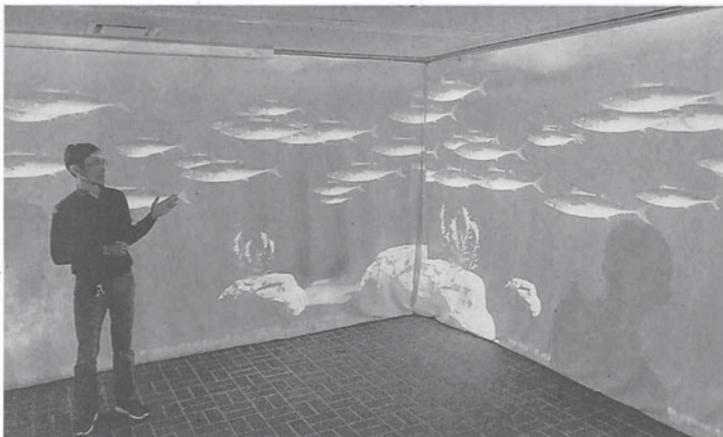
の取り付け位置を考え、4種類のROVを完成させた。完成後は実際に海中に沈めて、映像で観察。地元の漁師による藻場の維持と回復の取り組みについての話もあり、熱心に耳を傾けていた。伊王島中2年の森山美怜さん(14)は「海中を観察して海藻が少ないことなどがよく分かった。漁師さんの活動で藻場が増え、さまざまな魚が来てほしいと思った」と話した。

松岡准教授は「小さいころから海に興味を持つことで将来的に海洋系の長崎を支える人材も出てきてほしい」と期待した。

(熊本陽平)

まるで海の中 ギョツとする迫力

「グラバー図譜」CGで空間投影



デジタル水族館について説明する繁宮准教授
—長崎ペンギン水族館

長崎ゆかりの英国人貿易商トーマス・グラバーの息子、倉場富三郎が編み出した「グラバー図譜」

ペンギン水族館
来月3日まで公開

をCG化した素材を使った「デジタル水族館」が長崎市宿町の長崎ペンギン水族館で開かれている。多目的室全体に投影されたイワシやマグロなど9種類の魚が、本物そっくりひれを動かしたり、群れで泳いだりする様子を楽しめる。長崎総合科学大と同館共催で3月3日まで。

グラバー図譜は、明治末期から昭和初期までの約25年、長崎の魚市場に水揚げされた約600種類の魚類などの写生が収録されている。富三郎の死後、知人から長崎大水产学部へ寄贈され、現在は同大付属図書館が所蔵。図譜のことを知ってもらおうと、同大から長崎総科大がデジタルデータの提供を受けた。

制作に携わった同大の繁宮悠介准教授(生態学)は「海の中にあるような空間を目指した。グラバー図譜の魚が生きて泳いでいる様子を見てもらいたい」と話した。

(古瀬小百合)

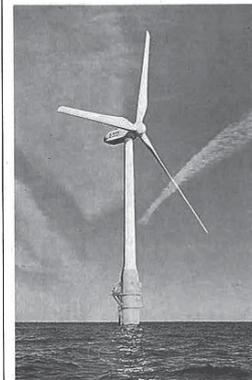
洋上風力本県に育成拠点

全国に先駆け専門人材

(1) 2019年(平成31年)3月19日 火曜日

県内企業などをつくるNPO法人「長崎海洋産業クラスター形成推進協議会」は、長崎大、長崎総合科学大と連携し、洋上風力発電分野の専門人材を育成する全国初の拠点整備に取り組み、拠点は2020年にも始動予定。洋上風力発電の市場拡大が期待される中、全国に先駆けて人材育成に本腰を入れる。

県によると、拠点は長崎大に設置。県内企業を中心に参加人材を募り、20年から5年間で750人を育成する計画。全国や海外からの受け入れも見据える。海洋環境技術や海洋エンジニア、据え付け施工技術など多岐にわたる人材の育成を想定している。



五島市沖の洋上風力発電のための風車 = 2018年11月

県によると、拠点は長崎大に設置。県内企業を中心に参加人材を募り、20年から5年間で750人を育成する計画。全国や海外からの受け入れも見据える。海洋環境技術や海洋エンジニア、据え付け施工技術など多岐にわたる人材の育成を想定している。

昨年11月には、国が「促進区域」を指定して最大30年間にわたり発電を許可することを柱とした洋上風力発電普及法が成立。四方で海に囲まれた日本では再生エネルギーの有力な手法として期待が高まっている。全国的に建設に向けた動きが活発化しており、今後の需要拡大に伴う人材不足も懸念されている。

同協議会は「法律の整備など洋上風力発電には追い風が吹いている。人材の必要性が高まることを見据え、全国に先駆けて拠点整備を進めていく」としている。(山里悠太郎)

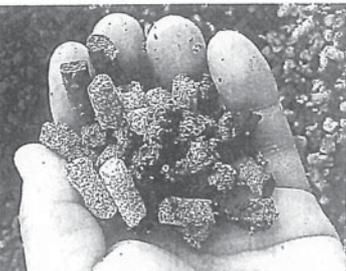
来年にも始動

に専門人材育成プログラムの構築支援費として約2400万円を盛り込んだ。洋上風力発電は、風車や土台となる部材の製造や組み立てのほか、運転維持、メンテナンスなど産業の裾野が広い。県内では五島市沖や西海市江島沖で計画が進んでおり、雇用創出や地域産業が活発化し、結びつく新産業

下水汚泥 2週間で良質堆肥

微生物加えペレットに

長崎総合科学大学の研究グループは、下水汚泥を使い、約2週間で完熟堆肥を作る技術を開発した。汚泥に微生物を加え、ペレット化するのがポイント。通気性が高まり、微生物の活動が活発になったことで、通常は2カ月ほどの発酵期間が短縮できた。下水汚泥には、窒素やリンが多く含まれているが、新しい手法では有機酸や土壌微生物も豊富になり、土作り効果の高い堆肥ができる。



製造したペレット堆肥(長崎総合科学大学提供)

下水汚泥は、肥料成分と有害物質がないことを確認した上で、肥料の原料として一般的に使われる。ただ、汚泥は水分

を多く含み、安定した発酵が難しいという欠点を持つ。研究グループは、汚泥に乳酸菌や納豆菌などの発酵を促す菌を加え、一般的なペレタイザーを使って数々のペレットに加工した。この結果、水

分含有率が少なくなり、空隙(くちげき)ができて発酵しやすくなった。山の形に積み上げて発酵

させると70〜80度に発熱し、腐植物質が増加。ペレットの中や表面にも菌が増殖した。発酵堆肥

の製造期間を短縮できた。成分調査では、フルボ酸やフミン酸といった、土壌改善に役立つ有機酸の含有量は、堆肥化する前の同じ量の2、3倍に増加した。これらの有機酸は、家畜ふん由来の堆肥にはほとんど含まれない。窒素の含有率は4、62%で、牛ふん堆肥の2、54倍で肥料効果が高いことも分かった。

ペレット化したことで、堆肥に含まれる微生物は増殖した。パチルス菌や乳酸菌、硝化菌、糸状菌、放線菌、きのこの仲間が豊富に含まれることが確認できた。同大は、この製造方法で特許を出願している。製造した堆肥は「大地のめぐみ1号」という名称で肥料登録を取得し、県内で農家に使ってもらっている。

同大大学院新技術創成研究所は「窒素やリンの豊富な下水汚泥に有機酸と菌が加わる。土作り効果の高い資材になる」と説明している。

(5) 外部資金受け入れ状況

1. 科学研究費助成事業 採択状況

平成30年度 合計 20,750千円

文部科学省 科研費

No.	研究課題名	研究者
1	市民ネットワーク活動への参加型評価手法の拡張についての試み	蒲原 新一
2	ALICE実験GEM-TPC連続読出を実現する新データ収集回路の要素開発	大山 健
3	メスの交尾可能回数の種間変異がオスの繁殖戦略に与える進化的影響	繁宮 悠介
4	小脳失調を合併したランバート・イートン筋無力症候群の血液脳関門は破綻している	本村 政勝
5	ALICE増強における究極的超高帯域データ収集システムの要素開発	田中 義人
6	痩身者にやさしい電子体温計の開発	水野 裕志
7	受動リンク機構をもつROVとケーブル張力制御可能なASVによる観測システムの開発	佐藤 雅紀
8	生命医学領域からみた発達障害への早期介入	市瀬 実里
9	クォーク物性を解き明かすALICE実験フォトン物理の新展開 (分担)	濱垣 秀樹
10	J-PARC重イオン衝突における究極的高速データ収集系への挑戦 (分担)	大山 健
11	ALICE 実験 ジェットと前方光子で探る高温クォーク物質生成の起源 (分担)	大山 健
12	円網性クモの交尾器破壊を用いたメスの再交尾抑制とその進化 (分担)	繁宮 悠介
13	メッセンジャーRNAの網羅的解析による重症筋無力症クリーゼの病態解明 (分担)	本村 政勝
14	クォーク階層とハドロン階層を繋ぐ動的機構 (分担)	濱垣 秀樹
15	広視野の視覚を再建する眼球内完全埋植・低侵襲フレキシブル人工網膜の開発 (分担)	清山 浩司

厚生労働科研費

No.	研究課題名	研究者
1	神経免疫疾患のエビデンスによる診断基準・重症度分類・ガイドラインの妥当性と患者QOLの検証	本村 政勝

2. 奨学寄付金新規受入状況

平成30年度 合計 11,650千円

No.	寄付の目的	研究者
1	研究助成金	堀 勉
2	海流発電装置の開発	池上 国広
3	重症筋無力症・Lamvert-Eaton筋無力症候群における病原性自己抗体の研究	本村 政勝
4	S O x スクラバー装備レフトフィットによる船体構造強度・振動に関する研究	野瀬 幹夫 古野 弘志
5	RCPSP法による造船工程計画に関する研究に資するため	梶原 宏之
6	RCPSP法による造船工程計画に関する研究に資するため	梶原 宏之
7	研究助成金 (発酵肥料製造技術等による循環型社旗の構築)	蒲原 新一 薄田 篤郎 下高 敏彰
8	研究助成金	本村 政勝
9	船舶設計の研究	松岡 和彦
10	スイッチング電源回路に関する研究	黒川不二雄
11	プラスト処理による溶接止端部の疲労強度向上効果に関する研究	岡田 公一
12	海洋教育・造船工学教育	松岡 和彦
13	研究助成金	本村 政勝

3. 受託・共同研究新規受入状況

平成30年度 合計 45,131千円

(公的事業)

No	研究内容	研究者
1	長崎市農業センター 下水汚泥由来資材活用農作物栽培試験業務委託 (延長)	蒲原 新一 薄田 篤生 下高 敏彰
2	「草本バイオマスの高効率・高品質ガス化装置」の開発 (再委託) JST 産学共同実用化開発事業 (NexTEP)	中道 隆弘 村上 信明
3	長崎市廃棄物適正処理調査	蒲原 新一 中道 隆弘 石橋 康弘
4	国土交通省 海事生産性革命 (i-Shipping) 先進船舶・造船技術研究開発費補助事業 (革新的造船技術研究開発) 「3D-CADを利用したモジュール化設計による多品種少量生産に対応した標準船の開発」(再委託)	松岡 和彦
5	「洋上風車メンテナンス拠点形成推進のための技術開発の検討」 長崎県H30年度海洋エネルギー関連産業集積促進事業 (洋上風車メンテナンス拠点形成推進)	本田 巖
6	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 「耐宇宙環境性を有する低電圧/大電流POLの研究」	黒川不二雄 松井 信正 梶原 一宏
7	J-PARCにおけるバリウム発起状態と高密度バリウム物質の実験手法と理論予測の発展 (分担) (平成30年度 日本原子力開発機構 黎明共同研究)	大山 健
8	洋上風車メンテナンス拠点形成推進のための技術開発の検討 [長崎県H30年度海洋エネルギー関連産業集積促進事業 (洋上風車メンテナンス拠点形成推進)]	池上 国広
9	「ソーラー電力による足漕ぎアシスト駆動サイクルボートの開発実用化に関する研究」(長崎市共同開発補助金事業)	松井 信正 林田 滋
10	廃菌床の有効利用に関する研究 (長崎市挑戦型共同研究開発補助金)	蒲原 新一 薄田 篤生 下高 敏彰
11	低変態温度溶接材料を用いた伸長ビード肉盛溶接による船舶補修技術と疲労寿命向上の実証研究 (分担) (JST A-STEP機能検証フェーズ 実証研究タイプ)	岡田 公一
12	サイクリック学習機能を有する超低電力AIチップの開発 (分担) (NEDO AIチップ開発加速のためのイノベーション推進事業)	清山 浩司

(産との受託共同研究等)

13	車内音低減アイテム開発に向けたインパネリインフォースの高周波NVメカニズム調査に関する研究	黒田 勝彦
14	AIを用いた生産設備パラメータ調整に関する研究 (延長)	黒川不二雄 松井 信正
15	メタン発酵処理施設設置のための賦存量調査と原料の基礎的調査	中道 隆弘
16	海を活かす体験型技術教育の研究 (ROVワークショップの指導方法の普及など)	松岡 和彦
17	FPGAを用いた制御コントローラの構造検討	黒川不二雄
18	山間地における山田錦の栽培と醸造に関する研究	中道 隆弘 下高 敏彰
19	人・農地プラン整備計画 [茂木南部地区] 大崎集落 “日本一のびわ産地” を目指す仕組みづくり	蒲原 新一 繁宮 悠介 中道 隆弘 市瀬 実里
20	石炭ガス複合発電の起動系ガス化炉モデルに関する研究	松井 信正 水野 裕志
21	高効率電源モジュールの設計解析に関する研究	松井 信正 梶原 一宏
22	上五島石油備蓄基地における新型オイルフェンス膜材の検討	石川 暁
23	RCPSP法による造船工程計画に関する研究	梶原 宏之 松岡 和彦
24	R C P S P法による造船工程計画に関する研究	梶原 宏之
25	高周波駆動電源の小型化に関する研究	黒川不二雄 梶原 一宏
26	窒素含有地下水の脱窒効果向上処理の検討	中道 隆弘

27	EEDI規制を踏まえた開発された省エネ船型の性能検証と新しい優秀船の設計法の検討	石川 暁
28	電源装置の故障予測に関する研究	黒川不二雄 松井 信正 梶原 一宏
29	エネルギーマネジメントデジタル制御電源における故障予測機能の研究開発	黒川不二雄 松井 信正 梶原 一宏
30	電力プラントの起動時のモデルベース制御設計に関する研究	松井 信正
31	石を使った超長期保存に関する研究	大山 健 清山 浩司
32	車載電源システムのモデルベースに関する研究	松井 信正 水野 裕志
33	燃料電池船技術評価の目的とした水素燃料電池船の設計	松岡 和彦
34	RCPSP法による造船工程計画に関する研究	梶原 宏之
35	火力発電向け大型ボイラのモデルベース制御設計に関する研究	松井 信正 水野 裕志
36	パワエレ分野へのAI活用に関する基礎研究	黒川不二雄 松井 信正
37	上五島石油備蓄基地における新型オイルフェンス膜材の検討	石川 暁
38	産業用プラント向け負荷遮断制御システムのモデルベース制御検証に関する研究	松井 信正

(6) 特許出願状況

No.	発明の名称	発明者
17-05	下水処理施設の脱水ろ液の高速液肥化技術 (特願 2018-100361)	大場 和彦 薄田 篤生 下高 敏彰
18-01 PCT	バイオフィルター装置及びこれを用いた下水汚泥残渣脱水ろ液処理システム (国際出願) (PCT/JP2018/028198)	大場 和彦 薄田 篤生 下高 敏彰
18-03 JP	機能性コンポストの製造方法、日本移行 (特願2018-534320)	大場 和彦 薄田 篤生 下高 敏彰 玖須 理博 松永 梨那
18-04 CHN	機能性コンポストの製造方法、中国移行 (201780050246.1)	大場 和彦 薄田 篤生 下高 敏彰 玖須 理博 松永 梨那

新技術創成研究所 所報 第14号

新技術創成研究所所長 田中 義人

新技術創成研究所所報 編集委員会

委員長 本田 巖 (大学院工学研究科生産技術学専攻)

委員 中道 隆広 (大学院工学研究科環境計画学専攻)

梶原 一宏 (大学院工学研究科電子情報学専攻)

上野 誠司 (共通教育部門)

学校法人 長崎総合科学大学
大学院 新技術創成研究所 所報
(創見創新) 第14号

2019年9月30日発行

編集発行 長崎総合科学大学大学院
新技術創成研究所

所長 田中義人

〒851-0121 長崎市宿町3-1

TEL : 095-838-5104 (研究所事務室)

TEL : 095-838-3118 (大学院事務室)

FAX : 095-838-5105 (研究所事務室)

E-Mail : grad@NiAS.ac.jp

U R L : <http://www.iist.nias.ac.jp>

印刷製本 株式会社 岩永印刷所
TEL : 095-821-2341