

海洋産業に用いるデジタルデータと電力の非接触式伝送システムの開発

次長 兼 グリーンニューディール技術開発支援室長 兵 頭 電 二
グリーンニューディール技術開発支援室 参 事 神 田 誠
グリーンニューディール技術開発支援室 専 門 幹 田 口 勝 身
グリーンニューディール技術開発支援室 専 門 幹 丁 子 谷 一

本研究事業は、海洋関連産業の振興に寄与すべく、金属接点を有しない給電部と受電部のコネクタを接続して固定することに特徴を持つ非接触給電技術を開発し、これに海水の影響を受けない光通信技術を付加することで、海面・海中において90%以上の電力伝送効率と45 Mbps以上のデジタルデータ転送速度を実現する小型・軽量な非接触式伝送システムを開発することを目指している。

研究最終年度となる平成30年度は、内部に組み込む電力伝送部の改良や嵌合用筐体の開発などを行い、最終的な目標である1.5 kVAの電力を伝送できるシステムを開発した。また、このシステムを既存の水中ロボットに適用した評価実験も行い、期待どおりの性能が発揮されることを確認した。

1. 緒言

海洋再生可能エネルギー分野で新たな産業を興すとともに、その産業拠点を長崎に形成することの重要性から、県は“ナガサキ・グリーンイノベーション戦略”や“長崎県海洋エネルギー産業拠点形成プロジェクト”を重要な施策として推進している。

金属接点を持つ接続部品は、錆びや漏電などの問題があるため、海面や海水中での利用に制限がある。また、水中ロボットや観測ブイ、洋上発電装置などとの接触を行う場合、電力の伝送とともに情報収集やメンテナンスのためのデータ転送が欠かせない。

そこで本研究事業では、県内製造業者の得意技術を活用し、海洋再生可能エネルギー分野で広く利用可能な技術として、デジタルデータと電力の伝送に使用する水中挿脱が可能なコネクタを開発する。具体的には、むき出しの金属接点を持たず、給電部と受電部のコネクタを密着して固定することに特徴を持つ非接触給電技術を開発する。そして、これに海水の影響を受けない光通信技術を付加することで、海面・海中において90%以上の電力伝送効率と45 Mbps以上のデジタルデータ転送速度を実現する小型・軽量な非接触式伝送システムを開発する。

本研究事業の最終年度である平成30年度は、これまでの評価検討結果をもとに、中心周波数が85 kHzの高周波電力を用いた新たな非接触給電回路を製作した。データの伝送は100 Base-TXの光による中継機能を実装した。そして、これらの機能を収容する嵌合

用筐体を開発し、非接触式伝送システムを開発した。

また、試作開発したシステムを水中ロボットに適用して実証実験を行った。

2. 開発と評価の方法

2.1 非接触式伝送システムの開発

これまでの開発と評価結果^{[1],[2]}を考慮して、最終的な試作開発を行った。図1にシステム構成の概要を示す。

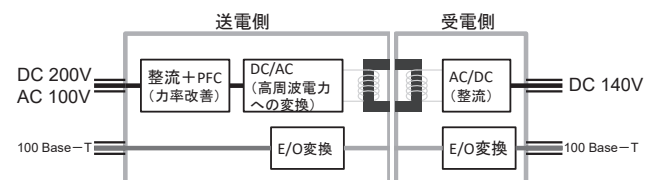


図1 システム構成

(1) 電力伝送部の開発

電力の伝送には、いわゆる非接触給電技術を用いる。方式は85 kHz帯の高周波電力を利用した電磁誘導方式とした。高周波電力の周波数帯として85 kHz帯を選択した理由は、電気自動車への非接触充電分野での利用として法整備や標準化が進められている帯域だからである。

送電側の入力電源は、商用電源として壁コンセントに普通に用いられているAC 100 Vと、実験施設などで使用されることがあるDC 140 V～200 Vの両方に対応できるようにした。

受電側は、受電した 85 kHz の高周波電力を全波整流した上で平滑化し、DC 140 V を出力することとした。AC 100 V の商用電源を入力とする機器のインバータ式電源は、全波整流と平滑化した DC 140 V を内部で使用している。このことから、DC 140 V を出力として採用した。

(2) データ通信機能の実現

組込み機器やパソコンには、100 Base-TX などの Ethernet 規格に適合した通信機能が実装されていることが多い。このため、本研究事業で開発する伝送システムの両端では、100 Base-TX の通信インタフェースを提供することとした。

データの非接触伝送を実現する具体的方法としては、電気-光変換モジュールを活用して、送電側と受電側との間を光で中継する。図 1 の構成概要には、一对の電気-光変換モジュールのみが描画されているが、装置内部での光ファイバの引き回しなどの関係で、実際は、電気-光変換モジュールがカスケード接続される。

(3) 嵌合用筐体の試作

水中で使用する筐体は、球形や円筒形にすることで耐水圧性が向上する。しかし、本研究事業で開発する装置が実験段階であることから、分解と組立てなどのメンテナンス性を重視し、直方体とした。このため、ある程度の水圧に耐える必要があることから、厚みが約 5 mm のアルミ製とした。

また、受電側ユニットは本来、水中ロボット等の負荷装置の中に組み込むべきものであるが、本研究では汎用的な伝送システムとして完成させるため、受電側ユニットも独立した装置として構成することとした。

2. 2 評価

評価は、電力伝送部と通信機能部の個別評価、ならびに、嵌合用筐体に組み上げた伝送システムを既存の水中ロボットに適用した総合評価として実施した。

3. 結果と考察

3. 1 電力伝送部の評価

図 2 は電力伝送部の評価結果であり、受電側装置に接続された負荷による消費電力と、電力の伝送効率との関係を示している。なお、図中の●印によるプロットは入力に DC 200 V を使用した場合、◆印のプロットは入力に AC 100 V を使用した場合のものである。

DC 200 V 入力の場合に着目すれば、負荷の消費電

力が 800 W を超えたところでは 90 % 以上の伝送効率が得られていることが分かる。また、最大で 1533 W の電力が負荷で消費されたことも確認できた。

さらに同図から、AC 100 V 入力の場合、DC 200 V 入力に比べ、電力伝送効率が低いことが見て取れる。送電側装置に含まれる PFC (力率改善回路) は、後段の高周波電力への変換機能部である DC/AC を効率良く作動させるため、一旦、DC 400 V 等に昇圧する。入力電圧の違いによる昇圧の効率の差が、システムとしての伝送効率に影響したものである。

なお、受電側装置から負荷に供給される電力の電圧は、光パルス信号を用いて受電側から送電側にフィードバックされる受電電圧情報を用いて、DC 140 V に安定制御されている。

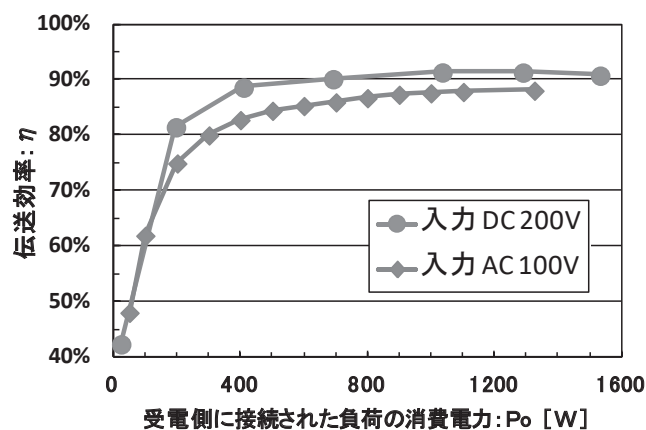


図 2 電力伝送効率

3. 2 データ通信機能の評価

通信機能部の個別評価については、伝送システム両端の 100 Base-TX インタフェースにそれぞれパソコンを接続して通信品質試験を行った。この結果、特に目立ったパケット廃棄等も無く、問題なく通信機能の提供ができていたことを確認した。

3. 3 嵌合用筐体

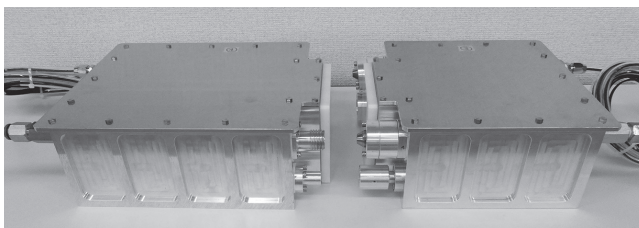
図 3 に嵌合用筐体の外観等を示す。同図 (a) は送電側装置と受電側装置とを対向させた勘合前の状態であり、同 (b) は両者を嵌合締結した状態である。また、同図 (c) は勘合前の状態における嵌合部分の拡大写真、同 (d) は嵌合時の嵌合部分の拡大写真であり、この図 (d) では理解を助けるために上蓋を透明板に変更した写真を用いている。

開発した嵌合用筐体は、両者が嵌合する面の中央に樹脂板があり、その奥には電力伝送用のコイルとコア

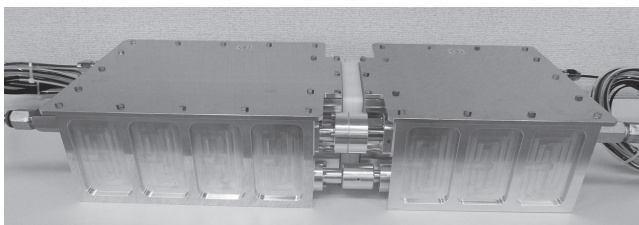
がある。これらの樹脂板同士が密着することで、送電側のコアと受電側のコアとが近接し、電磁誘導方式による非接触給電を実現する。

また、上述の樹脂板の回りには4つの機能部が実装されている。内訳は、①送電側から受電側に向かうデータ通信用の光を通す窓、②反対に受電側から送電側に向かうデータ通信用の光を通す窓、③受電側出力の電圧情報を光パルスで送電側にフィードバックするための光を通す窓、④送電側と受電側との嵌合締結状態を検知するための小型マグネットと対応するリードスイッチである。

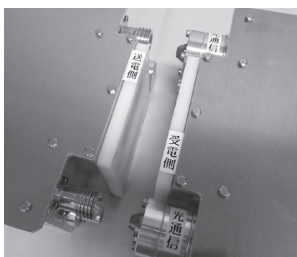
さらに、データ通信用の光を通す窓を包含する部分(上述の①と②)には大きな接合ネジ(カラーネジ)が付いている。これらの接合ネジを締めることで、送電側と受電側との嵌合締結状態を維持することができる仕組みとなっている。



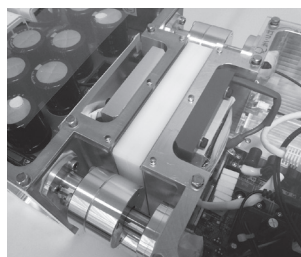
(a) 嵌合前(左;送電側、右;受電側)



(b) 嵌合状態



(c) 嵌合前の拡大



(d) 嵌合状態の拡大

図3 嵌合用筐体

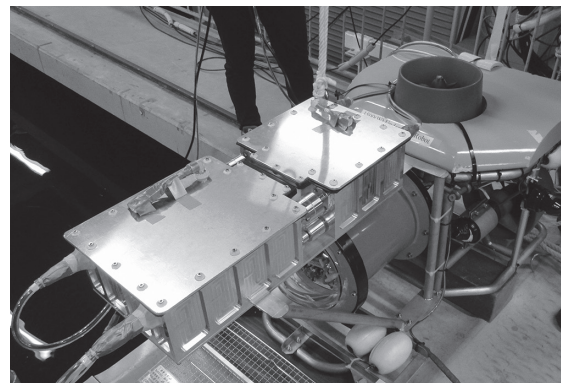
3.4 水中ロボットへの適用評価

本研究事業の協力企業であるロボットテクノス(株)が所有する水中ロボットに、開発した伝送システム(概観は図3(b)を参照)を適用した実証実験を行った時

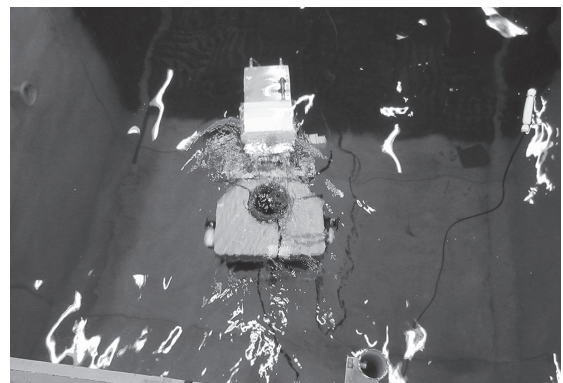
の様子を図4に示す。図4(a)は水中ロボットに開発した伝送システムを取り付けた状態の写真、同(b)はそれが実験用水槽内を航行している様子である。

この評価に用いた水中ロボットは、約500Wのスラスタ(推進装置)を3本搭載している。また、操縦に必要な信号は、陸上の操作盤(リモコン)と水中ロボット内の制御ユニットとの間を100Base-TXの通信回線で接続して送受される。

水中ロボットの航行試験の結果、電源線や通信線を直接に繋いだ場合と比較して、水中ロボットが何の遜色も無く航行性能を発揮したことを確認した。このことによって、本研究事業で開発した伝送システムの有効性を実証的に確認したと言える。



(a) 取付けの様子



(b) 航行中の水中ロボット

図4 水中ロボットへの適用実験

3.5 開発概要の整理

開発した非接触式伝送システムの成果概要を表1に整理する。

開発当初の目標として、①1.5kVAの電力が効率90%以上で伝送できること、②3kg~5kg程度の重量で片手でハンドリングできること、③45Mbps以上のデータ伝送速度の実現、を掲げていた。結果として、表

1に示すように、片手でハンドリングできる程度には至らなかったが、電力伝送とデータ伝送の目標は達成することができた。

また図5は、開発した伝送システムを用いて、机上で電力の伝送を実演している様子である。

本研究事業で開発した嵌合用筐体は、水中で使用することを前提としている。それは、装置内部の不要な発熱が、筐体を伝って筐体外の水に逃げることを期待したものである。机上で作動させていることから放熱性能が低下するため、2個の100Wの白熱電球を直列接続した小容量の負荷で実演を行った。

表1 開発した非接触式伝送システムの成果概要

目標	開発仕様		結果
	項目	仕様	
1.5kVAの電力伝送 効率90%以上	送電側の入力電源	DC 140V~DC 200V or AC 100V	○
	受電側の出力	DC 140V	
	非接触給電の周波数	85kHz 帯	
	伝送電力と電力伝送効率	受電側出力1533Wまで確認伝送効率は90% (DC 200V を送電側(入力))	
3kg~5kg 程度 片手でハンドリング	コネクタの大きさ	給電側：長300mm×幅250×高120mm 受電側：長240mm×幅250×高120mm	×
	コネクタの重量	給電側：約8.9kg、受電側：約7.8kg	
	方式	光による中継	
45Mbps 以上の データ伝送速度	両側のインターフェース	100Base-T	○
知財財産 取得準備 1件	特許出願	3件	○

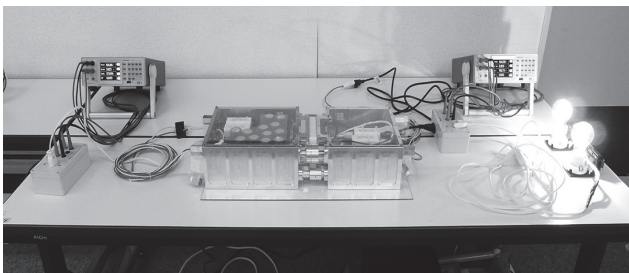


図5 机上での電力伝送の実演の様子

4. 結 言

3か年で実施した本研究事業では、初年度と第2年度で電力伝送機能部やデータ伝送機能部などについて複数回の試作と評価を行った。最終年度であった平成30年度、これまでの評価検討結果をもとに、85kHz帯の高周波電力を用いた新たな非接触給電回路を試作し、システムとして組み上げた状態で受電側に接続した負荷に1500Wを超える電力を90%以上の効率で伝送できることを確認した。また同時に、光パルス信号を用いて受電側から送電側に受電電圧情報をフィードバックする方法についても検討を加え、受電側装置から負荷に供給する電力の電圧を安定制御できることを確認した。データの伝送は、100 Base-TXの光による中継機能を実装することで実現した。

この結果、90%以上の電力伝送効率と100Mbpsのデータ転送速度を実現する非接触式伝送システムを開発した。

また、試作開発したシステムを水中ロボットに適用して実証実験を行った結果、本研究で開発したシステムが実運用に耐えることも確認した。

謝 辞

本研究事業を推進するにあたり、長崎大学海洋未来イノベーション機構の山本郁夫教授と長崎大学大学院工学研究科の盛永明啓准教授、長崎大学大学院工学研究科の樋口剛教授と横井裕一准教授、イサハヤ電子株式会社の徳永秀昭部長と服部慎一郎氏と手束翔氏、ロボットテクノス株式会社の長嶋豊研究開発部長、宮本電機株式会社の篠崎照夫常務取締役、に多大なるご協力とご支援を頂いた。

また本研究事業は、平成26年度から5年間の年限付きで工業技術センター内に設置されたグリーンニューディール技術開発支援室の集大成とも言えるプロジェクト研究となった。これを支援してくださった関係各位に謝意を表します。

参考文献

- [1] 兵頭 ほか：海洋産業に用いるデジタルデータと電力の非接触式伝送システムの開発、平成28年度長崎県工業技術センター研究報告, No.46, pp.1-5, 長崎県工業技術センター, 2017.10.
- [2] 兵頭 ほか：海洋産業に用いるデジタルデータと電力の非接触式伝送システムの開発、平成29年度長崎県工業技術センター研究報告, No.47, pp.1-6, 長崎県工業技術センター, 2018.10.