九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

カイト発電実験における地上装置の製作

濱﨑, 真洋
九州大学応用力学研究所

https://hdl.handle.net/2324/1928667

出版情報：九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 18, pp.41-44, 2017-10. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

カイト発電実験における地上装置の製作

濵﨑　真洋

要旨

自然エネルギー統合利用センターでは、様々な風力発電の技術開発の研究が行われている。カイト発電もその一つであり、現在、発電を行うためのカイト制御に関する研究が進められている。当該研究への技術支援として、カイト制御実験に用いる地上装置のハードウェア部分に係る要件定義、設計、および製作に取り組んだ。

本稿では、カイト発電の地上装置の設計・製作について、また、屋外でのカイト制御実験で判明した問題点の改良について紹介する。

キーワード

カイト発電・サーボモーター

１．はじめに

カイト発電は風力発電の一種であり、風力を受けて上昇しようとするカイト（凧）を地上におけるラインの制御によって操縦し、風力を受けたカイトがラインを引く力を利用して、発電機に接続したウインチを回転させることで発電を行うものである。

風力エネルギーを利用した発電方法は様々あるが､接地境界層と呼ばれる高度 10～50m においては、風向風速が複雑に変化するため、場所の選定が重要となる。一方、接地境界層より上空では一般的に、高度と共に風速が上昇し、乱れが少ないことがわかっている。カイト発電では、その上空風を用いることで、場所を選ばず、地上付近よりも安定した発電を行うことができると期待されている。

今回製作した装置は、カイトを操縦するためのライン制御装置である。

２．ライン制御装置の要件

ライン制御装置の要件は以下の通りである。

① 今回の実験では 2 ラインで操縦する小型のスポーツカイトを使用するが、最終的にはカイトサーフィン用の大型カイトを用いる予定である｡大型カイトも 2 ラインの制御で操縦可能であるため、2 台の巻取り装置を製作する。また、先行して行われた実験で、大型カイトの引っ張り荷重が最大で 100kgf 程度であったため、同等の荷重に耐えられる設計とする。

② ラインの出し入れは手動での制御を模すため、1m/sec の巻取り速度が出せるようにする。

③ カイトが移動した際に追従できるよう、装置自体が自由にヨーイングできる仕組みを持たせる。

④ 屋外での実験を想定し、発電機等の電源を使用して運用することができる。

３．モーターおよび関連部品の選定

まず初めにモーターの選定を行った。モーターには DC モーター、AC モーター、ステッピングモーター、サーボモーターなどの種類があるが、今回は、トルクや回転数、制御の正確さ、正転逆転の切り替え方法を総合的に判断し、サーボモーターを使用することにした。また、サーボモーターは入力電源に関して三相 200V、単相 200V、単相 100V の 3 種類に大別できるが、容易に運搬できる小型の発電機には三相 200V の出力がないため、屋外で実験を行うことを鑑みて単相 200V、および、単相 100V で駆動するモーターより選定を行った。荷重 100kgf と巻取り速度 1m/sec を同時に満たすためには、モーターの回転速度と発生トルクの他に、リールの直径と回転の減速比も重要であり、以下の式（1)、式（2）を満たすモーターを選定すればよい。ここで、各変数を図 1 に示す。

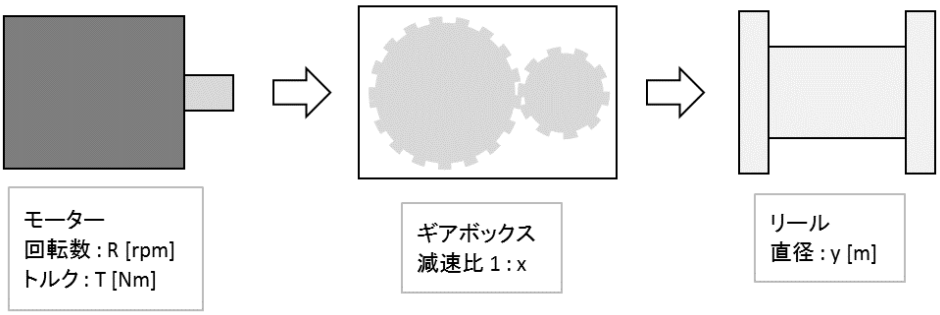

図 1　動力伝達の模式図

$$(2 \times T \times x)/(9.8 \times y) \geq 100\ [kgf] \qquad (1)$$
$$(\pi \times R \times y)/(60 \times x) \geq 1\ [m/sec] \qquad (2)$$

式（1）と式（2）より、

$$T \geq \frac{29400}{\pi \times R} \qquad (3)$$

となる。

式（3）の条件を定格トルクで満たすモーターは存在しなかったため、2 ラインで荷重が分散することを想定し、1 ラインあたり 50kgf を定格トルクで満たし、100kgf を最大トルクで満たすモーターを選定した。図 2 は、巻取り速度を満たし、かつ荷重 100kgf・50kgf を満たす最小トルクの曲線と、選定したモーターの出力曲線である。また図 3 は、式（2）より、各回転数の時に、巻取り速度が 1m/sec となるリール直径・減速比の組み合わせを表している。

図 2 より 2000rpm 以上であれば、荷重条件と巻取り速度を満たすリール直径と減速比の組み合わせが存在する。さらに、図 3 よりモーターの最大回転数である 6000rpm 以下の範囲にあり、かつ規格品を用いることを鑑み、リール直径を 0.05m、減速比を 1:10 と決定した。このとき、条件を全て満たす回転数は、3900rpm 以上となる。

モーターの出力に合わせて発電機、トランス、およびサーボアンプを選定した。

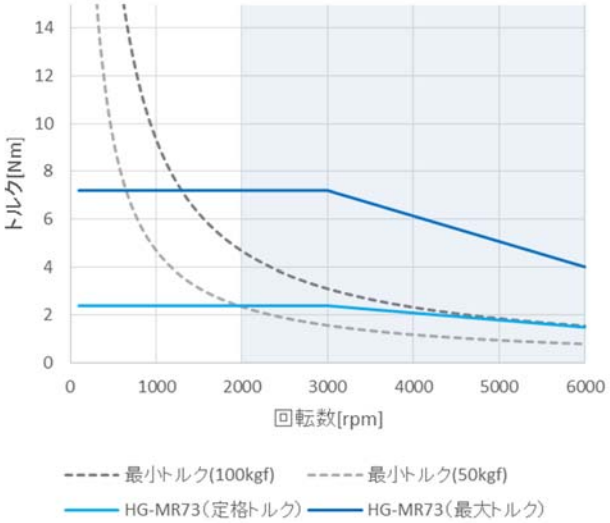

図 2　巻取り速度を満たすときに最低限必要となるトルクと選定機種のトルク曲線

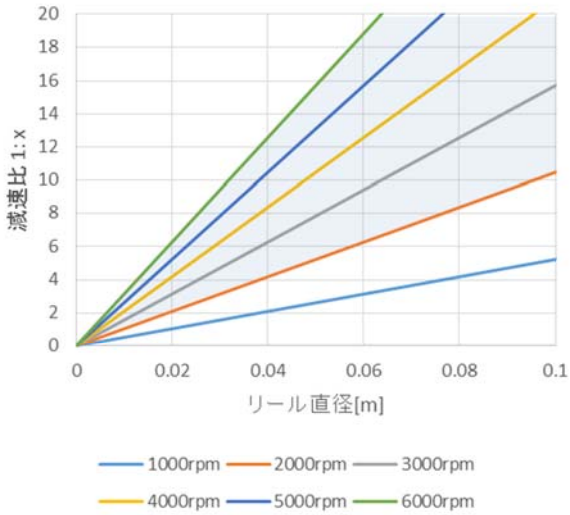

図 3　各回転数における、巻取り速度が 1m/sec となるリール直径・減速比の組み合わせ

４．設計、製作

設計は 3 次元モデリングソフトウェアの Rhinoceros で行った。図 4 に示すように、モーターとギアボックス、リールを 300mm×300mm の板の上に配置し、各治具の設計を行った。また、後に発電機や張力計を設置できるように、筐体としては拡張性のあるアルミフレームを使用することにした（図 5）。

その他として、リールをボールベアリング軸受けで支持する、ヨーイングは下部に回転台を取り付ける、ラインを誘導する滑車を取り付ける、回転軸同士はカップリングを用いて接続することを決定した。

製作した装置を図 6、7 に示す。リールはアルミの丸棒を旋盤で削り、各種治具はアルミアングルを用いてフライス盤で製作した。

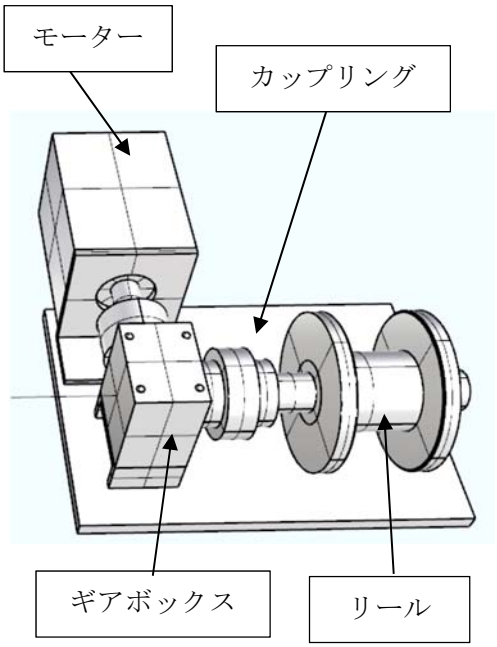

図 4　主要部品の設計図面

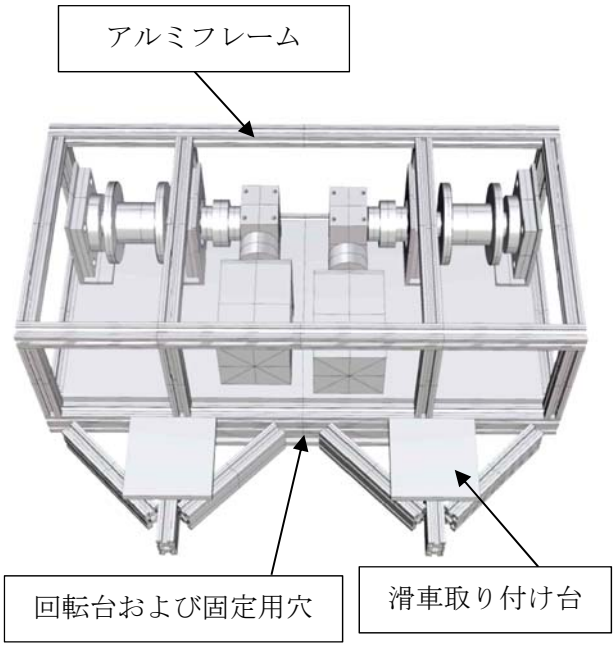

図 5　装置全体の設計図面

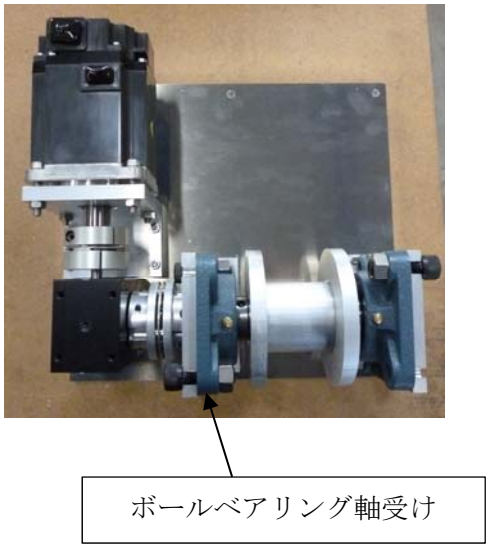

図 6　主要部品の写真

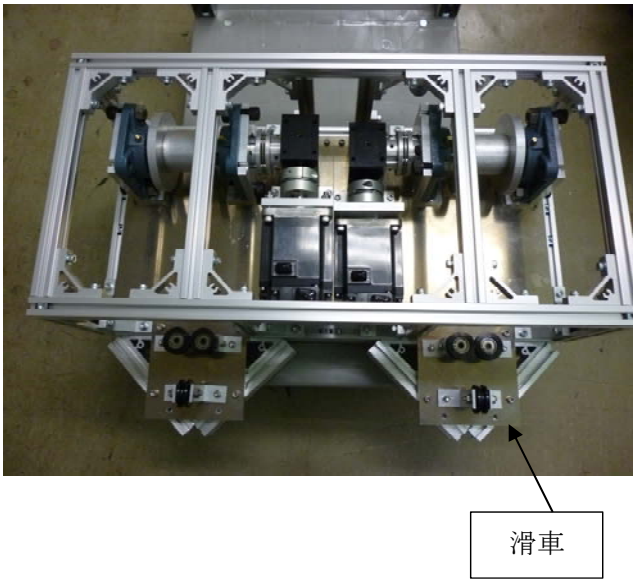

図 7　装置全体の写真

５．屋外実験および装置の改良

学生の作成した制御プログラムを検証するため、屋外にて実験を行った。実験時には図 8 に示すよう

に、発電機等のシステムを接続した。

実験中、図 9 に示すように、ラインが切れるトラブルが発生した。これは、ラインの張力が緩んだ際に滑車から外れ、治具等の金属部品と接触したためと考えられる。

実験後、滑車の代わりに、船のウインチを参考にしたローラーフェアリードを製作し、取り付けを行った（図 10、図 11）。これは四方向をローラーで囲むようにできており、ラインがローラーから外れることがないため、ライン切断のリスクを低下させる効果があると期待されている。

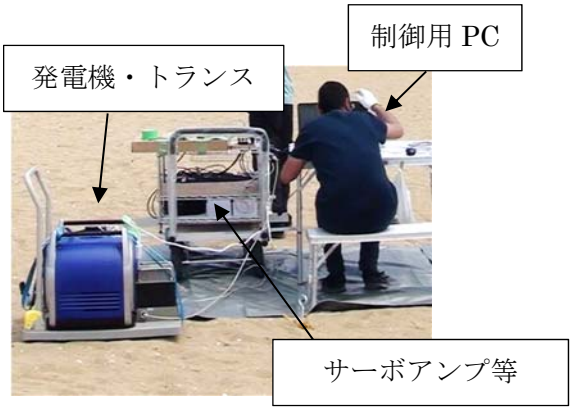

図 8　地上装置システム

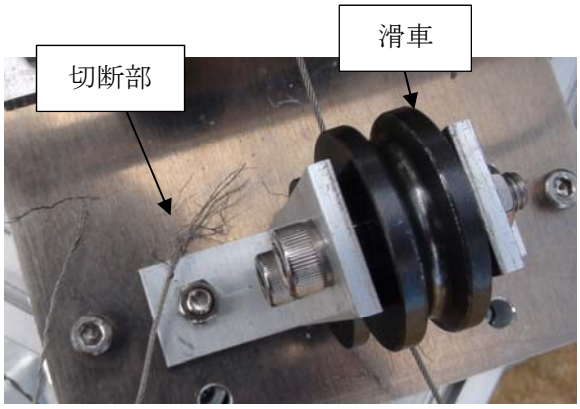

図 9　切断したステンレスワイヤー

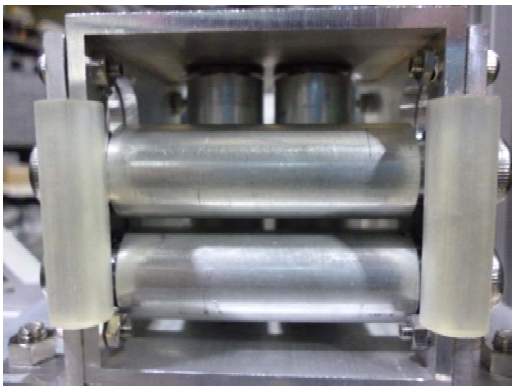

図 10　製作したローラーフェアリード

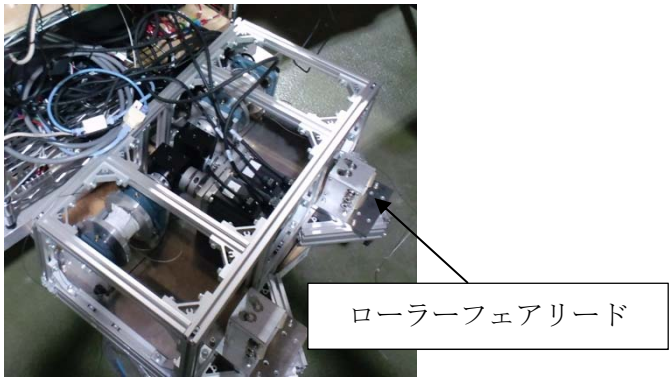

図 11　装置に取り付けた様子

６．今後の課題

設計時に、減速比の大きさに対して装置が小さかったことからギアボックスにウォームギアを採用したが、ウォームギアのセルフロックによりカイト側の力をモーターに伝達できず、モーターに備わっている検力機能を使用することができなかった。今後、検力計の設置や、ギアボックスの変更などの対応を実施したい。また、ローラーフェアリードの装着後はまだ実験を行っていないので、ラインの保護に関する有用性を検証する必要がある。

実験は今後も継続していくので、それに合わせて改良を適宜行う予定である。

参考文献

[1]　三菱電機株式会社：三菱汎用 AC サーボ MELSERVO-J4、p2-9 (2014)

謝辞

今回の実験装置の製作の機会を与えていただいた自然エネルギー統合利用センター自然エネルギー複合利用分野の吉田茂雄教授、また、設計についての助言をいただいた海洋環境エネルギー工学分野の末吉誠助教、WDB 工学の髙田青氏に感謝申し上げます。