

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656605

研究課題名(和文) 上空・高度域の風力エネルギーの取得・伝達・変換技術への挑戦

研究課題名(英文) A challenging technology for harvesting wind energy at high altitude

研究代表者

新川 和夫 (Arakawa, Kazuo)

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号：00151150

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：風速は高度が増すにつれて指数的に大きくなる。風力エネルギーは風速の3乗に比例するため、高度域が発電に有利である。本研究では、2種類の空中浮上型新規風車を開発し、風力エネルギーの取得法を検討した。またモデル解析を行うことにより、風車の性能を検討した。そして新規風車がエネルギー取得法として有望であることを明らかにした。また新規風車を軽量化するため、真空樹脂含浸法で炭素強化複合材を試作し、材料の強度評価を行った。

研究成果の概要(英文)：Wind velocity increases exponentially with altitude from the ground. Hence, higher altitude is much better location to extract wind energy since it is proportional to the cube of the velocity. This study aims research and development for harvesting wind energy at high altitude using two types of airborne wind rotors and the energy transfer method using the torsional elastic deformation of polymeric fiber tether ropes. In this study, we constructed two types of airborne wind rotors and measured torque and tension of the tether ropes induced by the wind rotor, and also made a comparison with a model analysis to examine the performance of the wind rotor. The results suggested that the constructed wind rotor has a promising structure for harvesting wind energy at high altitude. We also studied the material properties of carbon fiber reinforced plastic (CFRP) manufactured with a vacuum assisted resin transfer molding (VaRTM) to construct the airborne wind rotors.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・エネルギー学

キーワード：自然エネルギーの利用

1. 研究開始当初の背景

地球環境の保全のため、温室効果ガスの低減が緊急の課題となっており、クリーンで再生可能エネルギーのひとつである風力発電に注目が集まっている。これに伴い、風力タービンからなる風車が世界的に増加する傾向となっている。風力エネルギーは風速の3乗に比例するので、風車の設置場所として、風況の良好な地点を選定することが重要な課題となる。このため、平地が少なく風況が悪い国内では、沿岸部や山間地が風車の設置場所となっている。また地形や建物による影響を少なくするために洋上風力発電も計画されている。このように風力発電には風況のより良い地点が求められている。

風は地表の摩擦の影響を受けるため、風速は地表近くでは小さく、高度が増すにつれて大きくなる。風速の高度分布として指数則が成り立つこと、また植生や建物などによる地表の粗度が大きいほど、地形が複雑なほど風速の変動が大きくなることが知られている。このため、多くの風車は平坦な陸地や沿岸部のタワー上に設置されている。タワーをさらに高くすれば発電効率は上がるが、強度やコスト面で問題が発生する。「さらに上空の風をとらえるには？」という考えから本研究は着想したものである。これまでに上空・高度域の風力エネルギーを取得する手法が幾つか提案されている。しかし実験方法や結果についての報告はほとんどなされていない。

2. 研究の目的

本研究では、現在未利用である上空・高度域の風力エネルギーを取得するための技術開発を行った。そのため、上空風力エネルギーの取得法として、2種類の空中浮上型新規風車を試作した。取得したエネルギーの伝達方法として、係留用高分子繊維ロープの伸びり弾性エネルギーの適応性を検討した。そして、試作した風車の回転

安定性を調べ、係留ロープに作用するトルクと張力を測定した。またモデル解析を行い、測定値と比較することにより、風車の性能評価を行った。これにより、上空・高度域における風力エネルギー取得への新規風車の可能性とエネルギー伝達への高分子繊維ロープの適応性を検討した。

3. 研究の方法

(1) 図1のように、ロケット型気球の円周にブレードを取り付けた新規回転気球を開発した。従来風車との相違点は、重い発電機を風車に取り付けないこと、また送電線を用いないことである。その結果、風車の大幅な軽量化を図ることが可能となった。



図1 新規風車 I

(2) 図2のように、飛行船を用いて風車を浮上させ、風力エネルギーを取得した。風車として風レンズ風車を利用した。この風車の特徴は、風速増加を目的とした集風体により、通常風車の3倍以上の高出力を達成できることである。また集風体の形状のため、風向変化に追従できる構造となる。



図2 新規風車 II

4. 研究成果

(1) 気球が比較的安定して回転することを実証した(図1)。そして、気球の回転により、繫留ロープが捩じられ、弾性エネルギーとして蓄積される。その弾性エネルギーは係留地点へ伝達される。ロープの捩り力(トルク)で発電機を回転させ、電気エネルギーに変換できることを明らかにした。

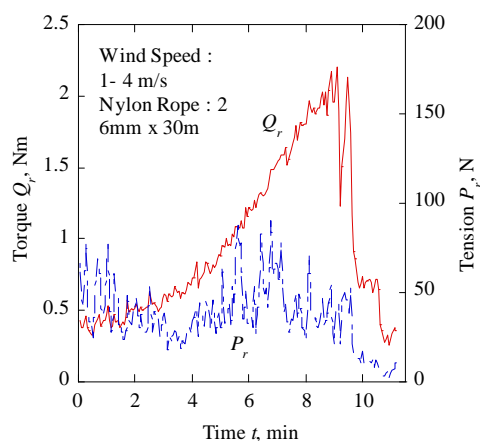


図3 ロープのトルク Q と張力 P

図3に係留ロープに作用するトルクと張力の計測結果を示す。トルクは時間と共に増加し、10分間で約2.2Nmに達した。一方、張力は大きく変動した。この原因として、風速変化(1~4m/s)が挙げられる。風速が大きくなると張力は増加し、風速が低下すると減少した。しかしこのような風速変化でも気球は安定して回転した。ただし、この計測例では、安全上、上限トルク値を2Nmと設定した。

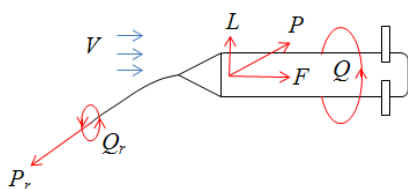


図4 モデル解析

回転気球の性能を把握するため、モデル解析を行なった(図4)。そして気球に生じるトルク Q と抗力 F を求め、係留ロープのトルク Q_r と張力 P_r との対応関係を調べた。このモデ

ル解析より、気球がほぼ設計通りに作製できたという結果が得られた。

(2) 飛行船と風レンズ風車により、上空の風力エネルギーを地上に伝達し、発電できることを示した。図2に示すような、飛行船と風車を利用した。この実験では、ロータ直径600mm、重量約2.3kgの小型風車をアルミニウムで作製した。この風車を浮上させるため、充填ガス容量10m³の飛行船を利用した。飛行船は尾翼により、風車は集風体により、風向変化に追従した。また風車で取得した風力を長さ30mの高分子繊維ロープの捩り変形に変え、その回転力を地上の発電機に伝達できることを明らかにした。風レンズ風車の軽量化を図るため、真空樹脂含浸法を用いて、炭素繊維強化複合材料の開発を行なった。この方法では、成型型に積層した繊維素材を薄いフィルムで覆い、真空ポンプでフィルム内を脱気する。そして、真空圧で樹脂を注入して成形する。そのため、大型で複雑な形状を比較的容易に成形することが可能となった。今後は、風レンズ風車を炭素繊維強化複合材料で作製することにより、軽量化を図る。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

Dingding Chen, Kazuo Arakawa, Masakazu Uchino, Changheng Xu, Application of Digital Image Correlation Technique on Vacuum Assisted Resin Transfer Molding Process and Performance Evaluation of the Produced Materials, International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, 査読有, Vol:8 No:1, pp.93-98, 2014.

Sang-Jae Yoon, Dingding Chen, Ja-Uk Gu, Nak-Sam Choi, and Kazuo Arakawa, Interlaminar Fracture Testing Method for

CFRP Using Tensile Loading with Acoustic Emission Analysis, International Journal of Fracture, 査読有, Published online; 21 November 2013.

[学会発表](計13件)

Kazuo Arakawa, Performance Characterisation of Airborne Wind Rotor, The 5th International Airborne Wind Energy Conference (AWEC 2013), September 10-12, 2013, Berlin, Germany.

Kazuo Arakawa, Experimental Techniques for Energy Harvesting from Nature, ISEM-ACM-SEM-7th ISEM'12-Taipei, Joint International Conference on Experimental Mechanics, CD-ROM, Nov.8-11, 2012, Taipei, Taiwan.

新川和夫, エアリアル風車によるエネルギー取得の試み, 日本実験力学会, 2012年度年次講演会, 豊橋市, 2012年7月13-15日.

Dingding Chen, Ryo Matsumoto, Kazuo Arakawa, Sangjae Yoon, Energy absorption property of CFRP under impact loadings, The 8th International Symposium on Impact Engineering (ISIE2013), September 2-6, 2013, Osaka, Japan.

Dingding Chen, K. Arakawa, Mechanical Properties of a VARTM Manufactured 2D Carbon Woven/Epoxy Composite, The 8th International Forum on Advanced Materials Science and Technology, Fukuoka, Japan (2012), Aug.1-14.

S.J. Yoon, K. Arakawa, M. Uchino, Deformation Measurement of Laminated Composite Membrane Materials under Uniaxial and Biaxial Loads, The 8th International Forum on Advanced Materials Science and Technology, Fukuoka, Japan (2012), Aug.1-14.

D.D. Chen, K. Arakawa, M. Uchino,

Monitoring of resin transfer in CFRP molding using 3D-DIC technique, The International Conference on Experimental Mechanics 2013 (ICEM 2013) & the 12th Asian Conference on Experimental Mechanics (ACEM12), November 25-27, 2013, Bangkok, Thailand.

Dingding Chen, Ryo Matsumoto, Kazuo Arakawa, Sangjae Yoon, Energy absorption property of CFRP under impact loadings, The 8th International Symposium on Impact Engineering (ISIE2013), September 2-6, 2013, Osaka, Japan.

Ryo Matsumoto, Dingding Chen, Kazuo Arakawa, Energy absorption property of CFRP under impact loadings, The 9th international Conference on Fracture & Strength of Solids (FEOFS 2013), June 9-13, 2013, Jeju, Korea.

Dingding Chen., Kazuo Arakawa, Flexural Properties of VARTM Manufactured CFRP Plate, The 9th international Conference on Fracture & Strength of Solids (FEOFS 2013), June 9-13, 2013, Jeju, Korea.

Sang-Jae Yoon, Dingding Chen, Ja-Uk Gu, Nak-Sam Choi and Kazuo Arakawa, AE analysis of delamination crack propagation in laminated material, The 9th international Conference on Fracture & Strength of Solids (FEOFS 2013), June 9-13, 2013, Jeju, Korea.

D.D. Chen, K. Arakawa, Mechanical Properties of a VARTM Manufactured 2D Carbon Woven/Epoxy Composite, The 8th International Forum on Advanced Materials Science and Technology, Fukuoka, Japan (2012), Aug.1-4.

S.J. Yoon, K. Arakawa, M. Uchino, Deformation Measurement of Laminated Composite Membrane Materials under Uniaxial and Biaxial Loads, The 8th

International Forum on Advanced Materials
Science and Technology, Fukuoka, Japan
(2012), Aug.1-4.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

新川 和夫 (ARAKAWA, Kazuo)

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号：00151150