

風による 複数平板の振動を利用した エネルギー回収システム

日本大学 理工学部 土木工学科
准教授 長谷部 寛

2024年12月24日

自己紹介

- 長谷部 寛 (はせべ ひろし)
- 所属等
 - 日本大学 理工学部 土木工学科 准教授
 - 風工学研究室
 - 担当授業: 応用力学, 景観・デザイン, プロジェクトスタディ (橋梁設計)
 - 所属学会: 土木学会, 風工学会, 計算工学会, 火災学会
- 研究テーマ
 - 長大橋梁の耐風設計, 火災に対する風の影響評価, 台風などの風水害予測, スポーツへの風の影響評価, 新しい風力発電システムの開発 など

開発した技術のポイント

- コンパクトな風力エネルギー回収システム
 - 風による『振動』を利用した発電
 - 複数の発電デバイスの近接配置
- 現状の課題
- 発電量増加に向けた試行錯誤
 - 最適な発電デバイスの模索

開発の背景と経緯

研究の背景

- 風力発電の推進
 - 再生可能エネルギー需要の高まり
 - 風力発電設備コストの低下
 - 洋上風力発電に関する制度の整備
- 都市域の再生可能エネルギー回収状況
 - 既存インフラへの太陽光発電設備の付与が主流(国土交通省主導)
 - 小型風車によるスポット的な風力発電

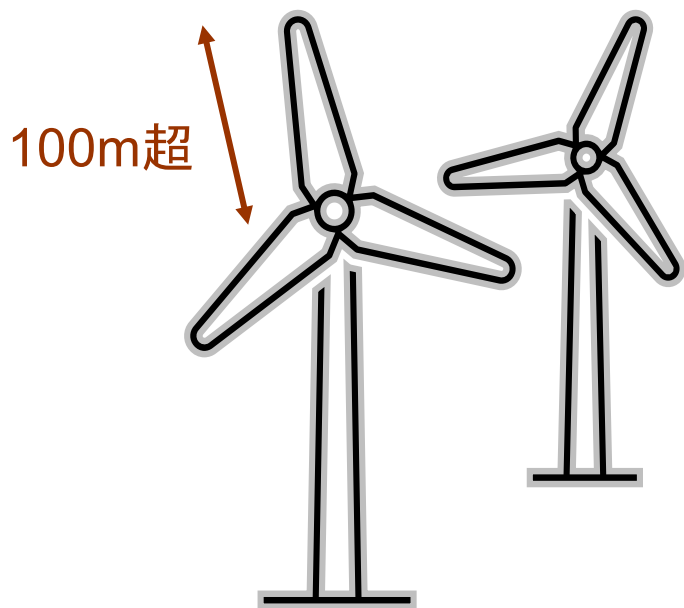
➤ 都市での風力エネルギー回収の余地



プロペラ型風車の課題

- 設備規模

- 100mを超えるブレード直径
- 広大な敷地
- 大規模な送電設備



- 後流(ウェイク)の影響

- ブレードの回転に伴う乱れた気流
- 風車直径に対して
側方3倍程度
下流側10倍程度
まで影響
- 発電効率の大幅な低下

➤ 逆転の発想

➤ ウェイクの利用が新たな風力発電法開発への鍵

開発目的

➤ 都市域に導入可能な新たな風力発電システムの開発

• コンセプト

コンパクト

ウェイク利用

風による振動

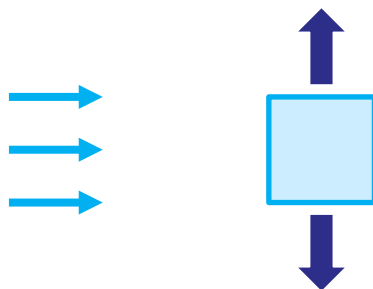
• 想定設置場所

- 1次元的な気流が生成される場所
- ピロティ, ダクト, トンネル, 高速道路脇, 車両上 など

本発表に関連する空力不安定振動

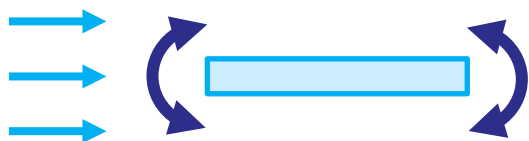
- **ギャロッピング**

- 激しいたわみ (上下) 振動
- 辺長比の小さい角柱等に発現



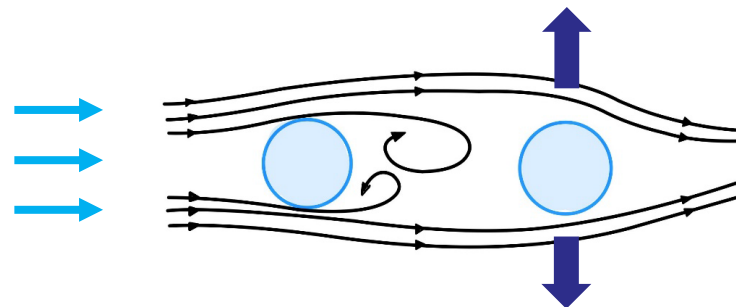
- **フラッター**

- 激しいねじれ振動
- 辺長比の大きい角柱 (平板) に発現



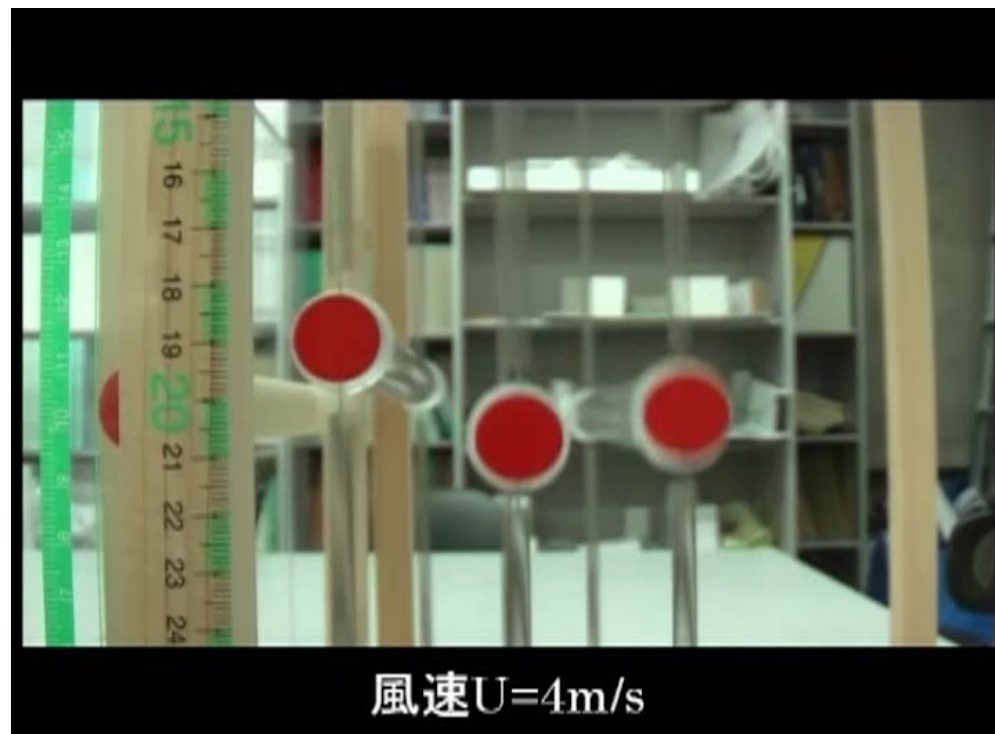
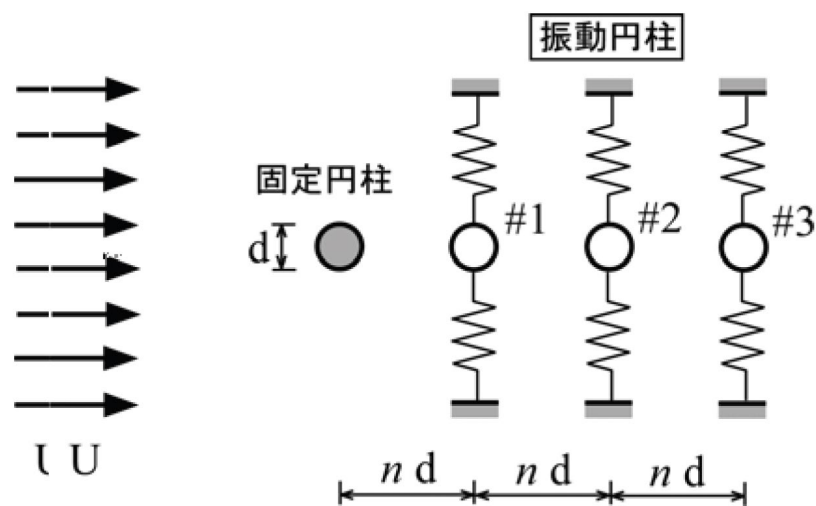
- **ウェイクギャロッピング**

- 流れに対して直列に配置された2つの物体のうち、下流側物体にギャロッピングが生じる振動
- 斜張橋の並列ケーブルなどに発現



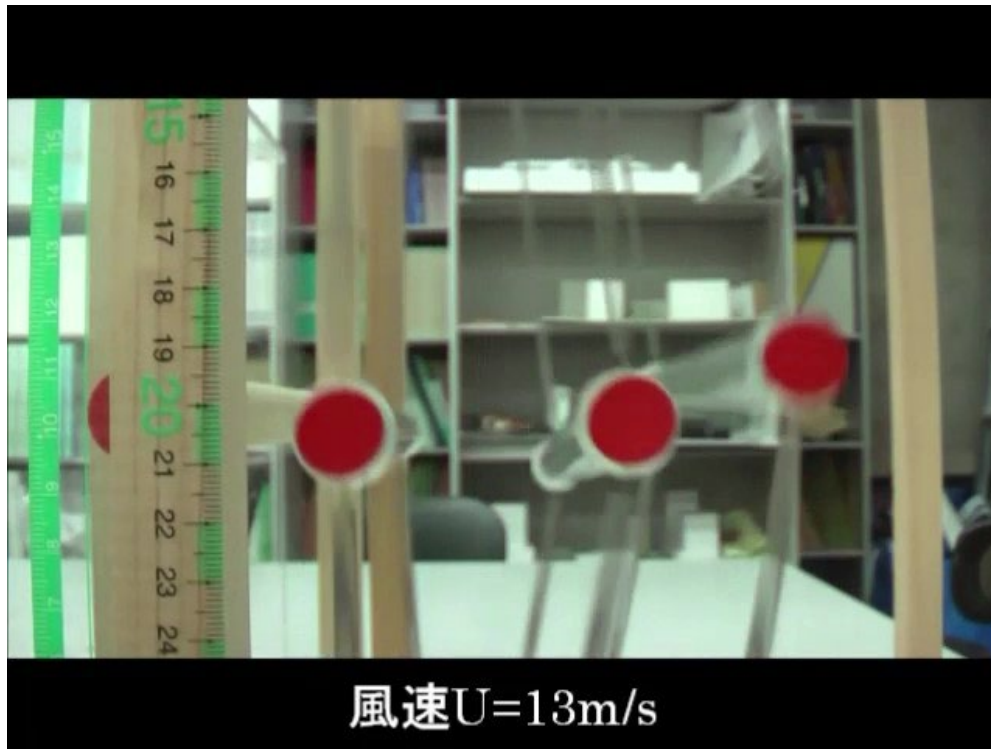
ウェイク風力発電の開発経緯

- 複数円柱のギャロッピングを利用した風力発電法の開発 (2012)



- 3本以上の円柱を配置した場合でも下流側円柱にギャロッピングが発現
- 高風速で複雑な振動モードが発現
- 発電デバイスの付与が困難

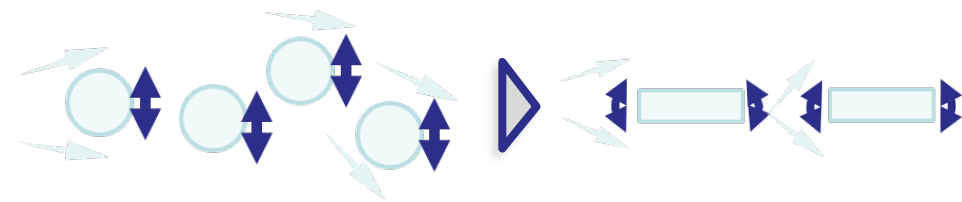
振動子の課題と改良



↑
固定円柱

- 発電システムへの昇華のための検討事項
 - 振動モードの限定

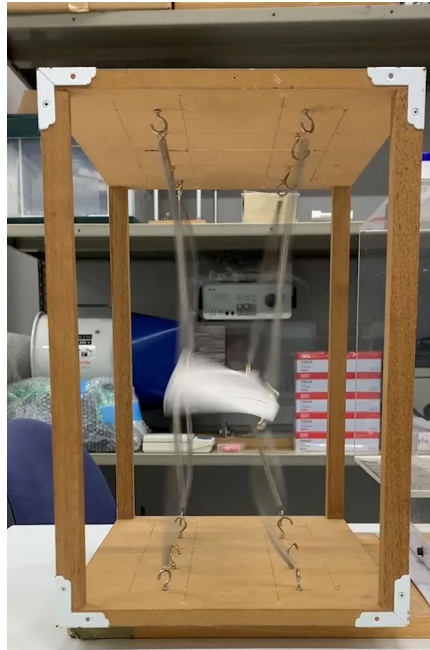
- アイディア
 - 円柱振動子
 - ギャロッピング▷ **平板振動子
フラッター**



開発した風力エネルギー回収システム

複数平板のフラッター性状の確認

- 平板1体

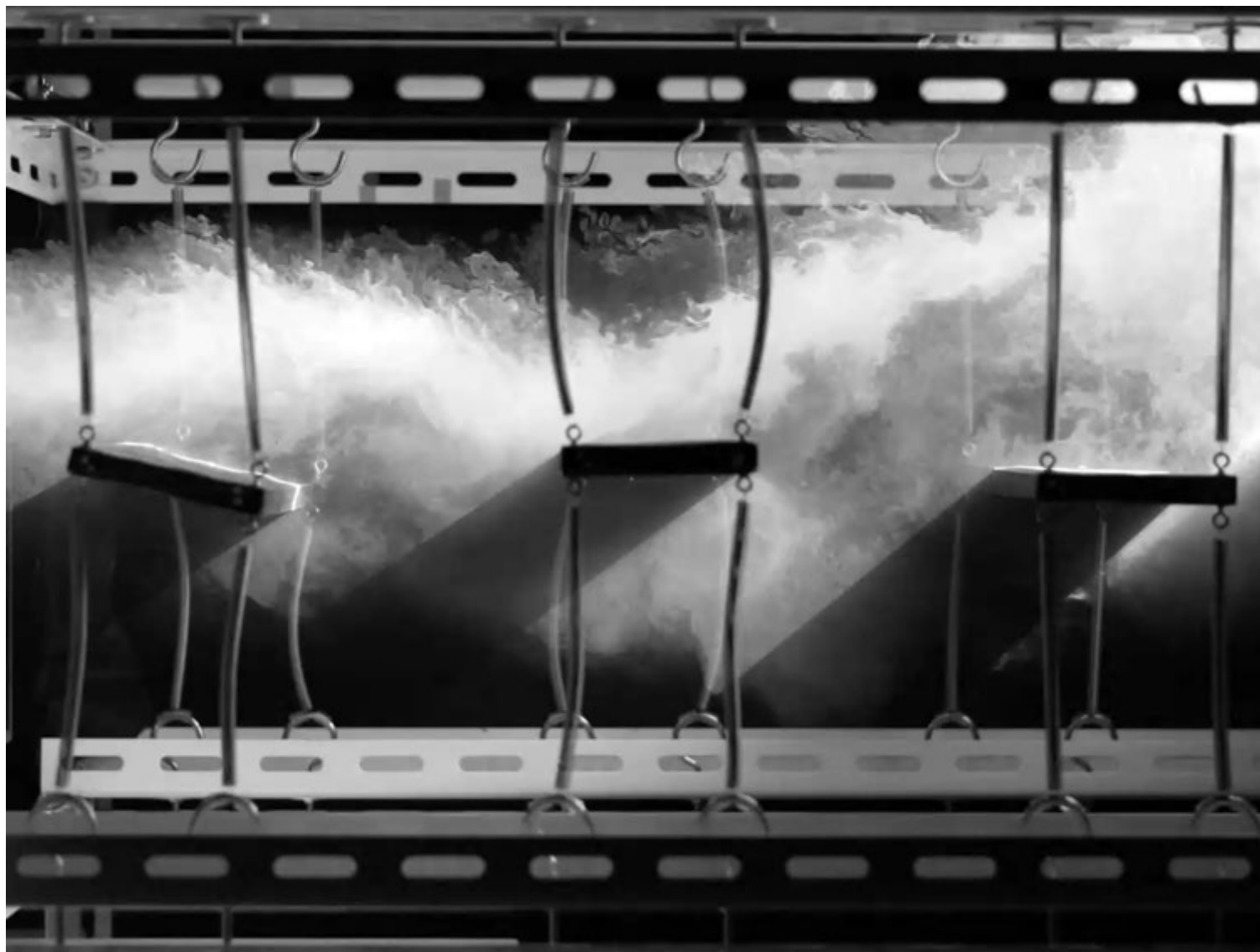


- 平板3体



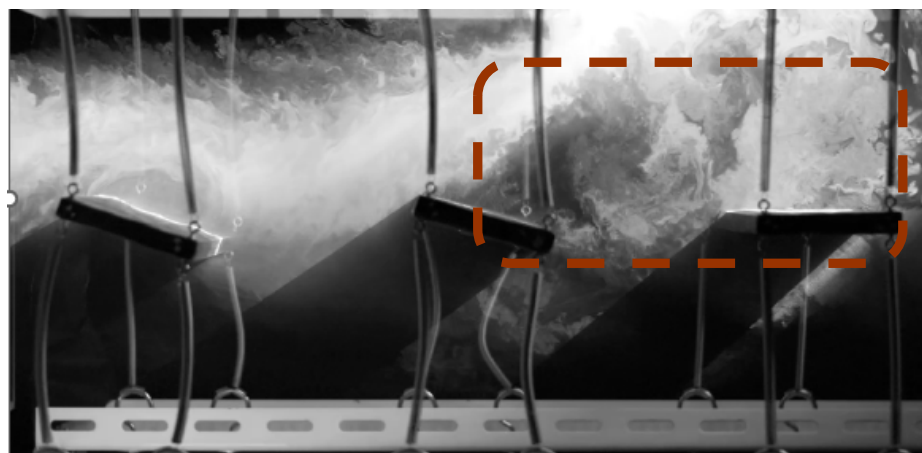
- ウェイク内の複数平板にフラッターが発現
- ウェイク風力発電の振動子として採用

複数平板フラッター発現時の風の流れ



平板周辺の流れの特徴

- 渦の形成と流下



- 流れの特徴

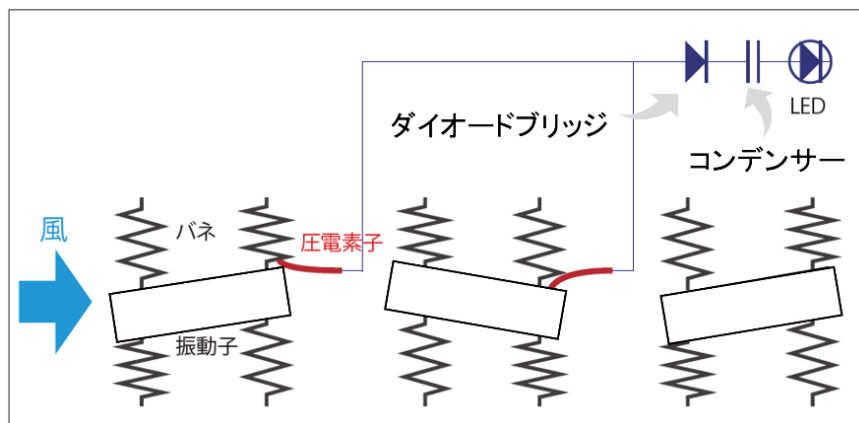
- 平板2体目にはスケールの大きい渦が形成される
 - 大きな振動を誘発
- 流下しながら渦は崩れる
- 平板3体目の渦は2体目ほど大きくない
 - 振動性状の差異

構築したウェイク風力発電システム



発電システムの概略

- システム模式図



- システム諸元

- 平板数: 3体
- 平板寸法: 80x10x300mm
- 平板質量: 38g
- バネ定数: 0.007 N/mm
- 固有振動数(ねじれ): 7.8Hz
- 中心間距離: 200mm
- 風速: 7.5m/s



発電デバイスの選択

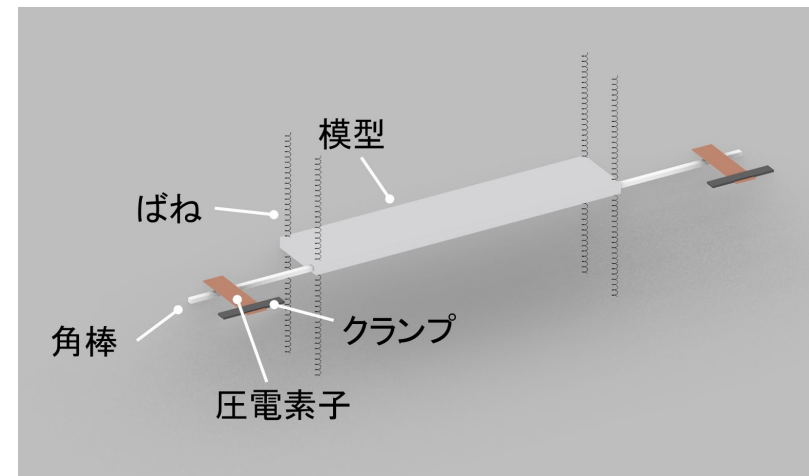
検討デバイス

	コイル	小型モーター	圧電素子
発電量	△	◎	○
作業性	○	△	○

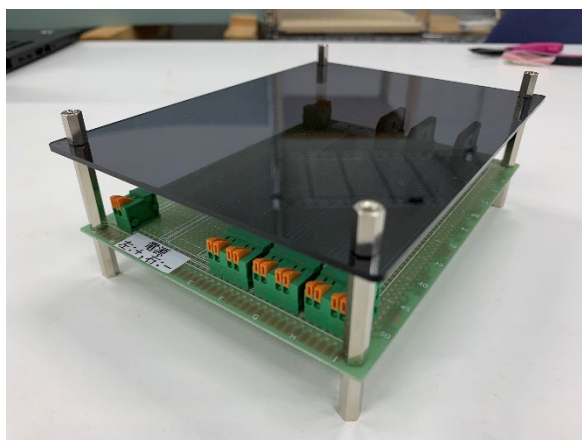
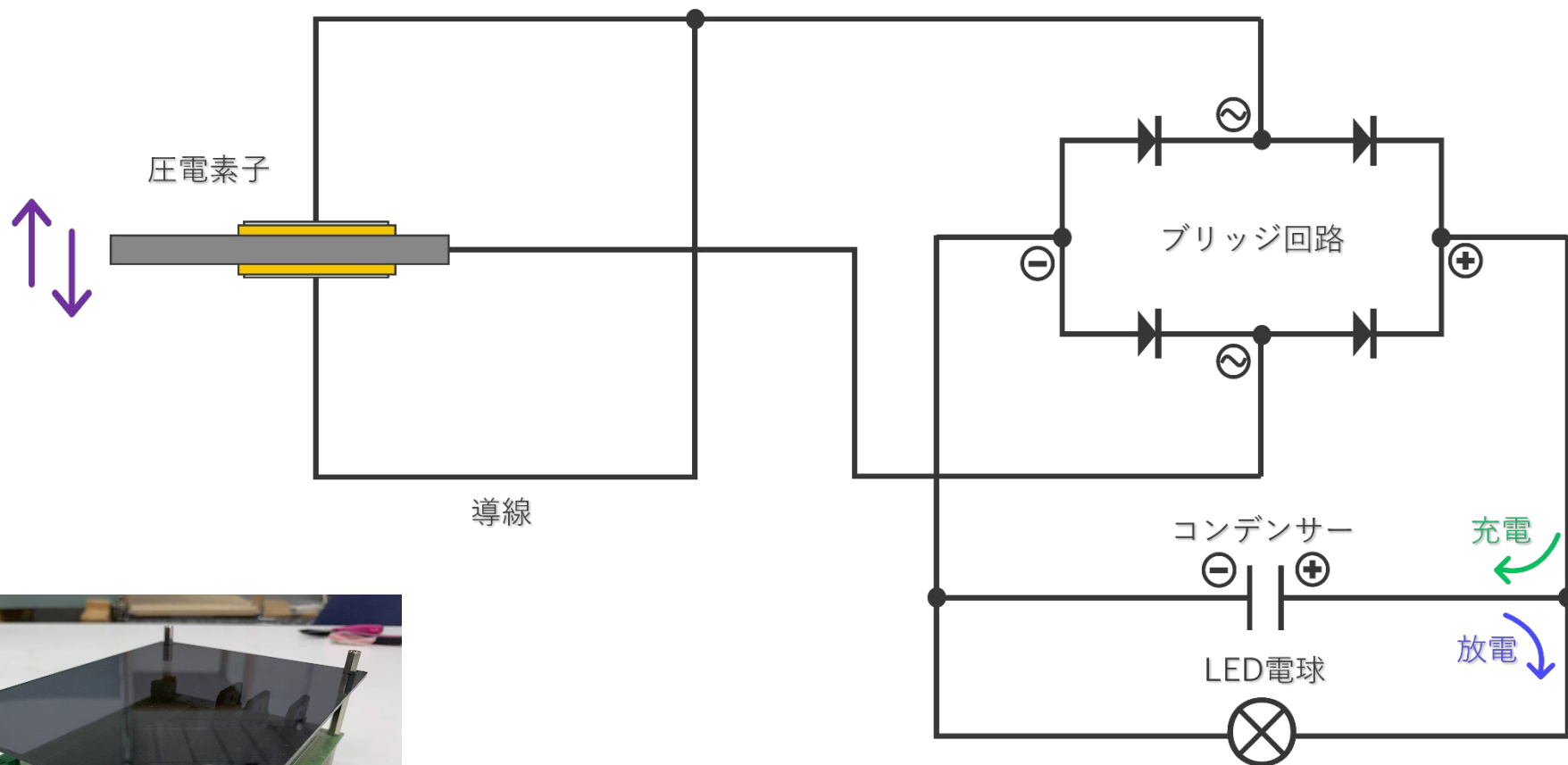
➤ 圧電素子を採用

圧電素子の仕様

- メーカー: THRIVE
- 型式: K7520BS3
- 寸法: 75x25x0.43mm
- 質量: 5g
- 出力電圧: 80Vpp
- 出力電流: 100 μ A



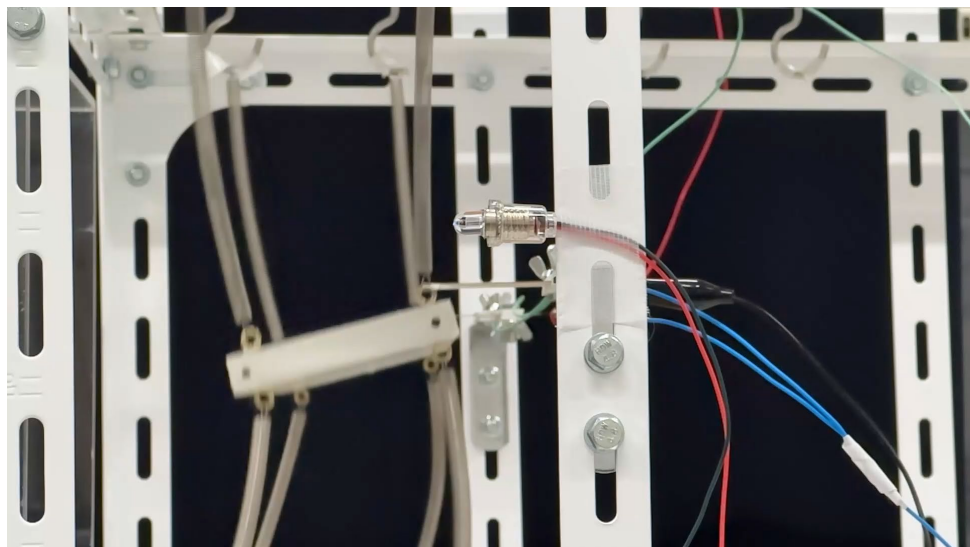
発電回路の模式図



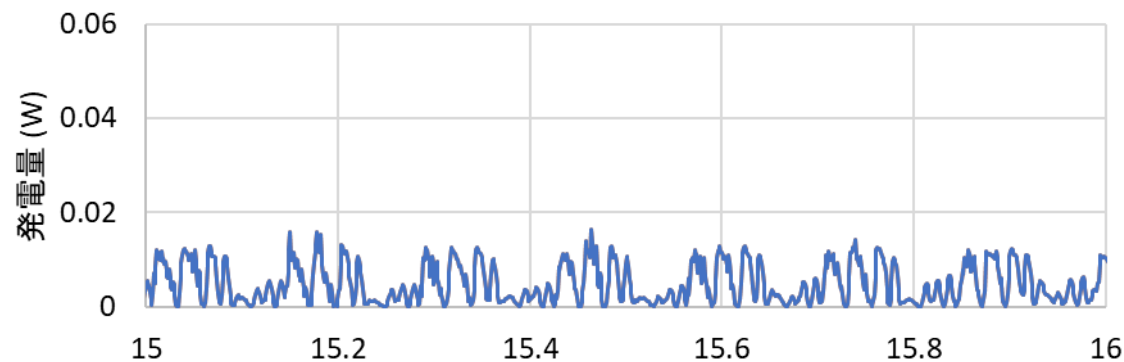
【回路を搭載した基盤】

- ダイオードブリッジ回路
 - 交流電圧を直流電圧に変換
- コンデンサー
 - 電力を充電

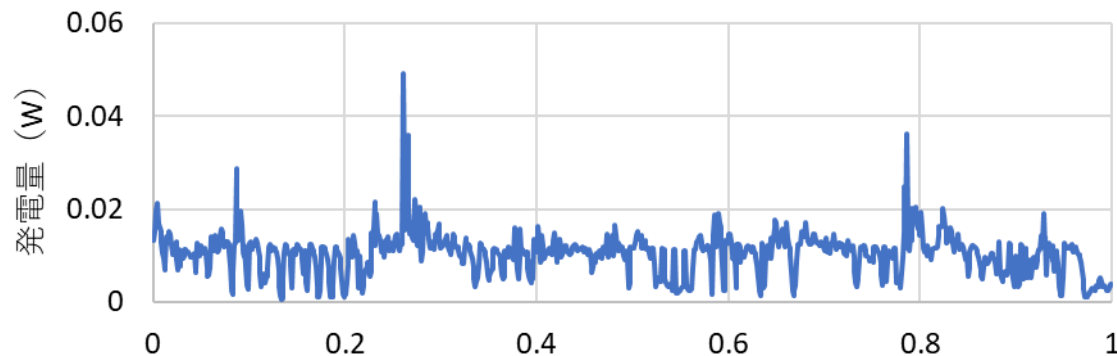
発電量の計測



- 電圧を測定し、電力に変換 (LED電球抵抗値: 600Ω)
- 複数平板の振動により発電量が増加
- さらなる発電量増加の改良が必要



【平板1体の発電量】

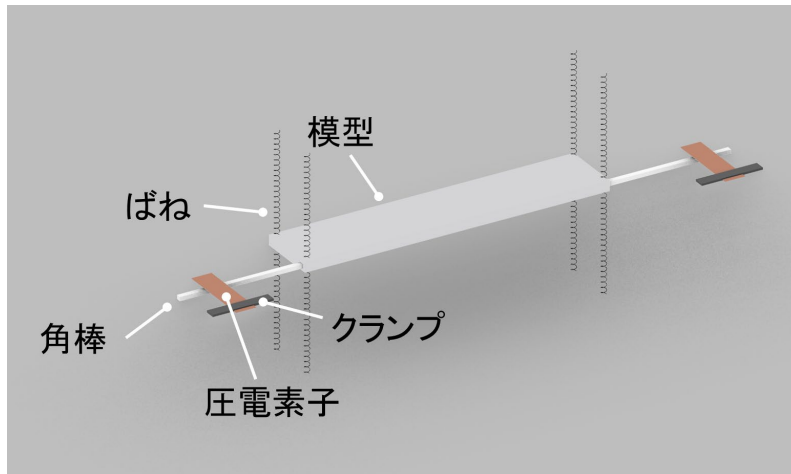


【平板3体の発電量】

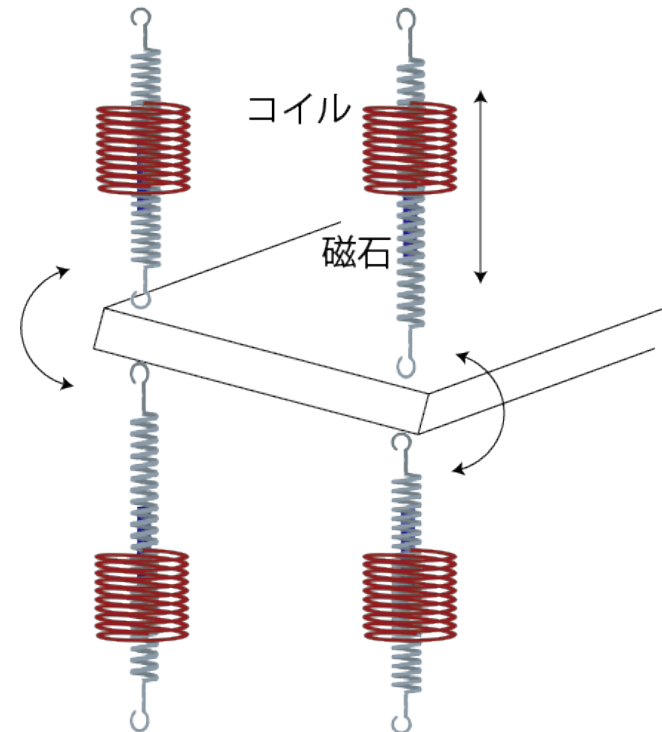
今後のビジョン

最適な発電デバイスの検討

- 現状: 圧電素子
 - 発電量の多い圧電素子の模索

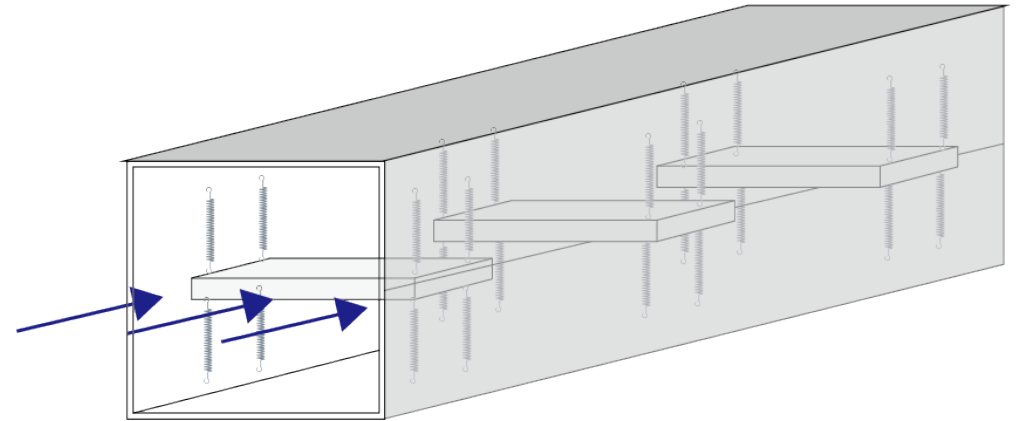


- その他の発電デバイス案
 - コイルと磁石による電磁誘導など



設置場所の検討

案) 地下鉄駅構内の排気ダクト



【想定する配置場所】

- ✓ 決まった方向に風が吹く場所
- ✓ 定期的に風が吹く場所
- ✓ 人が直接触りにくい場所

開発技術のまとめ

- 都市域に導入可能な新たな風力発電システムの開発
- ポイント
 - 風による振動を利用した風力発電システム
 - ウェイク中にも発電デバイスを設置できるコンパクトさ
 - フラッター現象の利用
 - 圧電素子の採用
- 今後の課題
 - 発電量を増加させるデバイスの検討
 - 設置場所の検討

企業様への期待と貢献

- 発電デバイス (圧電素子やコイルなど) を開発している企業様との共同研究を希望
- 都市域の風力エネルギー回収に取り組んでいただける企業様との共同研究を希望
- 太陽光の届かない, ただし風が吹く室内や地下空間での電力供給源の可能性

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : エネルギー変換装置
- 出願番号 : 特願2024-110245
- 出願人 : 学校法人日本大学
- 発明者 : 長谷部 寛、鈴木 望美

産学連携の経歴

期間	研究内容
2009-2013年	風の影響を考慮した騒音測定システムを開発
2017年	海からの飛来塩分による構造物の腐食に関する共同研究を実施
2021-現在	数値シミュレーションによる橋梁の耐風性評価手法を開発
2023-現在	高風速下の橋梁ケーブルの荷重評価に関する共同研究を実施
2024-現在	AIを活用した風力発電の発電量予測手法を開発

お問い合わせ先

- 日本大学産官学連携知財センター
- TEL 03-5275-8139
- FAX 03-5275-8328
- E-mail nubic@nihon-u.ac.jp