

トリリオンセンサ社会を支える高効率 MEMS 振動発電デバイスの研究

第3回高効率MEMS研究会 議事録

1. 日時：2015年7月13日（月）15：00～17：30
2. 場所：技術研究組合NMEMS技術研究機構 新テクノサロンA,B  
東京都千代田区神田佐久間河岸67 MBR99ビル7階
3. 出席者(敬称略)：東京大学(藤田、年吉、安宅)、静岡大学(橋口、杉山)、京都大学(塩谷)、  
鷺宮(石川、三屋、芦澤、石橋)、ダイキン(橋本、西野)、電力中央研究所(小野)、MMC  
(青柳、長谷川、鎌田、三原、阿出川、水津、出井、松本(記))

4. 議事次第：

- (1) 挨拶 15：00-15:15  
藤田先生  
年吉先生
- (2) 研究発表  
①【研究項目A】高密度固体イオンエレクトレットのエナジーハーベスタ応用  
(静岡大学：橋口先生、杉山先生) 15:15-15:45  
②【研究項目B】大容量イオン液体可変キャパシタ技術のエナジーハーベスタ応用  
(鷺宮製作所：三屋研究員) 15:45-16:15  
③【研究項目C】高効率エナジーハーベスタの開発  
(鷺宮製作所：芦澤研究員) 16:15-16:45  
-休憩-  
④自由討論：電中研小野様によるポリマーに関する研究紹介 16:45-17:15
- (3) 総評 17:10-17:20

5. 配布資料

静岡大学橋口先生報告資料

6. 結論：

年吉委員長総括

各々のテーマについて、ガントチャートなどを使い、次回の資料からはビジュアルに進捗が見える様な報告にして行くこと。予算執行状態についても分かるような報告にすること。

各テーマの進捗は詳細内容に記すが、事務局としては、総括的には予定通りの進捗と判断している。連絡事項は以下の通り。

第4回研究会は8月18日に、また第3回推進委員会・知的財産分科会は10月5日に開催する。また近々に、年度後半の研究会、推進委員会の設定・確認をする。

参加予定の学会については、予算管理やテーマ管理上、事務局に手続き・報告願う。

本日説明して頂いた資料は、小寺あてに提出願う。会員専用HPにアップし共有化を図る。

## 7. 詳細内容

### 挨拶

藤田先生：最新データを理解し、活発に議論して、今後どうするかを考える事。

年吉先生：実施計画書はそれとして、なるべく早いうちに良いデータを出して次へ進むため、皆さんには無茶なお願いばかりしていますが、良い成果がでるのを楽しみにしている。

### 発表に関する Q&A

静岡大学 杉山先生関連；

Q (年吉)：想定していた 3 pF の内容は？

A (杉山)：円柱をモデルとしたシミュレーションで出した、 $C_{max}-C_{min}$ 。

Q (藤田)：MEMS one でも計算できるのでは？2次元モデルで計算すると良い。

A (水津)：計算できるか確認する。

A (年吉)：エクセルでも有限要素法を用いて計算できる。

Q (三原)：実際の測定結果の容量差は小さすぎないか？

A (杉山)：円柱をモデルで計算した事も影響しているのではと考えている。

Q (藤田)：2 g で 770 Hz の共振周波数は実現できるか？

A (杉山)：可能と考えている。

Q (年吉)：タングステンの値段は？

A (杉山)：1cm の丸棒で買っているが、結構高い値段である。

Q (松本)：計画に対しての進捗状況は？

A (杉山)：一か月程で成果を出すと早めに動いており、リカバーは可能と考える。

次回の研究会でリカバー出来るかどうかを明確化させる。

静岡大学 橋口先生関連；

Q (年吉)：発生エネルギーと Q 値の関係だが、最適負荷の場合、5.66 nJ の半分のエネルギーを取り出せると考えてよいか？つまり 2.8 n J が取り出せると？

A (橋口)：その通り。50%の所で電力は最大となる。

A (芦澤)：比較する実験評価が出来てないが、できれば突き合わせる。

Q (年吉)：是非比較願う。

A (橋口)：大気中、ロータリー、ターボのそれぞれの圧力の状態で、最適な負荷抵抗を付けて確かめる予定。真空の方がハーベスターとして良いのは結論として変わらない。

Q (年吉)：rf は内部のダンピング抵抗か？

A (橋口先生)：その通り。

Q (藤田)：外部に取り出せるエネルギーが半々というのはどういう理由か、今一度説明を。

A (橋口)：まだよく理解できていないのが実情。ハーベスターが動いてエネルギーを放出するが、時定数の所のイメージが確立していない。

Q (藤田)：8 ページの等価回路は電圧源で書いてよいのか分からない。内部抵抗が小さい

と、放電時に、大きい外部抵抗の部分で電力が消費されるイメージは分かるが、何故取り出せるエネルギーが半々となるのかが分からない。モデルを考え直すと良いかも。  $\tau = CR$  などの時定数が入った様な動的なモデルを考えるとか。

A (年吉) : 理想的なモデルが書けないのがMEHなのかも？

Q (青柳) : 真空度は高ければ高いほど良いのか？

A (橋口) : ある真空度以上で効果は飽和すると考えている。10<sup>-3</sup>torr 以上の高真空では、気体の流れが層流領域となり、粘性流から変わると考える。その辺りが必要な真空度のポイントと思う。充電の初期は負荷が小さいので、その状態での充電効率を上げるためにも、やはり高真空な環境は必要と判断する。

Q (青柳) : 真空状態はいつ作るのか？

A (橋口) : MEH を実装パッケージする段階で真空封止する。ゲッター材も考えている。杉山先生設計・試作の素子や、今回報告したインパクト (双安定) 素子も実装する。

Q (青柳) : 実際のデバイスの動作時に 325°Cまで上昇するのか？

A (橋口) : TDS というイオンの動きの検証試験では昇温させているのだが、実際のハーベスターの動作時は、室温からデバイスの温度上昇は無い。

Q (年吉) : ダイキンの人体の振動データに基づき発電量を計算しているが、それなりの電圧、電力が期待できるか？

A (橋口) : 出来ると考えている。1 mW 出るかどうかは分からないが、70~80  $\mu$ W は得られるのでは？ 共振周波数の合わせ込みで更に良く発電すると考えている。

Q (松本) : パッケージングの計画に対して進捗状況は？

A (橋口) : 計画通りの進捗と考える。充電関連に関しても考察したい。

鷺宮 三屋さん関連 ;

Q (年吉) : +電流が出っ放しなのは何故なのか？ -電流が出ないのが不思議。

A (三屋) : 現状では現象を把握できてなく、検討中である。 -電流がどこからか浸み出して系に入っているとか、いろいろと考察している。

Q (年吉) : モノマーが重合するとポリマーになるのでは無いか？

A (小野) : 線状のポリマーをモノマーでつなぐイメージである。ポリマーをタッチし続けると電流が減るが、時間を置くと元に戻る、電流の大きさが回復するなどの現象も見えてきた。

Q (年吉) : 粘弾性などの性質を取り入れてモデル化出来るか？

A (三屋) : 今の所分からないが、考えたい。

Q (松本) : 研究Bの計画に対して進捗状況は？

A (三屋) : 貯金を蓄えていたのが、計画通りの進捗に戻ったという状態。当初の予定よりはかなり先んじているけれど、モノマーの実験でうまくいかない状態が続くと、進捗的には厳しくなる。

鷺宮 芦澤さん関連 ;

Q (年吉) : 段差付き櫛歯は誰が作るか？

A (芦澤) : 三屋が東大の安宅先生と相談して作る予定。立ち上げが9月前半の新型DRIE (Deep Reactive Ion Etching) 装置を使って作成する。

A (年吉) : 保護材料を2種類使ったDRIEで、段差付き櫛歯は形成可能。SiO<sub>2</sub> 絶縁膜とホトレジスト膜を併用する作成方法など。

Q (藤田) : 段差付き櫛歯の、メカニカルなデバイスの設計はできるか？

A (芦澤) : 出来ると思う。

Q (藤田) : ギザギザな形状は必要か？

A (芦澤) : 必要と考える。

Q (塩谷) : 今、橋梁やトンネル等の振動を把握する為に測定を開始しているが、ダイキンの振動データを元に段差付き櫛歯の発電データのシミュレーション結果が出てきており、どのレベルの振動でどれくらい発電するのかを知る事ができると考えてよいのか？

A (芦澤) : 定常振動とインパルス振動のどちらも利用して発電に使う事を想定し、今は計算に着手した段階。

A (三屋) : インパルスでは強い力・振動となるが、頻度は少ない。定常振動は、力は弱いですが定常的に入力される。両方でシステムは変わると思うが、10月から11月でMEHのイメージを作りたいので、振動データを頂きたい。

Q (塩谷) : 過積載などの場合のインパルスの振動と、1次2次などの基本振動ではかなり振動状態が異なるが、1つのハーベスターで全てをカバー出来るのか？

A (橋口) : いくつかのデバイスの組み合わせになる。10 kHz 以上は圧電型も考えるが、それ以下は静電型が有利と考える。主な振動周波数が分かれば、いくらでも設計できる。細かい共振周波数に対応が可能。

Q (塩谷) : 帯域幅のイメージが知りたい。100~200 Hz をカバーするハーベスターは有るのか？

A (橋口) : 今研究しているMEHは半値幅が数Hzなので、一個のデバイスで対応するのでは無く、数個のデバイスの組み合わせになる。

A (藤田) : 橋口先生のデバイスは鋭いQ値を示すが、イオン液体を使うとQ値は小さくなるが広帯域に対応が可能となるかも知れない。そうすれば、必要なデバイス数の低減が可能になるかもしれない。

A (年吉) : 塩谷先生から使う主要な周波数を教えて頂き、それに対応する共振周波数のデバイスを橋口先生が設計し、MEHの凄さをアピールしたい、それが私(年吉)の想いである。

Q (松本) : 研究Cの計画に対して進捗状況は？

A (芦澤) : 計画通り。10月の推進委員会ではデモを考えている。

橋口先生の静電トランスの提案 : MEMSでは、電圧は高いが電流は小さい。発電ユーザとしては、電圧は低くても良いので、大電流がとれるタイプが必要な場合が多い。という事で、今回は静電トランスなるものを考察した。うまくできるかどうかは今後の課題だが、理論上は100%近い効率は期待できるので、今後とも考えていく。

電中研小野様のポリマーに関する研究紹介：接触表面積を大きく変える方法、多価イオンの検討、ポリマー表面を被覆する構成の検討、重合方法の検討など、幅広い研究を行って事を紹介して頂いた。

Q（年吉）：エレクトレットタイプ、トライボタイプ、圧電タイプといろいろな材料に展開できる可能性を秘めた材料であるが、どのルートでどれを攻めるか等をお教え願う。

A（小野）：おっしゃる通り、いろいろな可能性が有る。電極とポリマーがくっ付いたり離れたりするトライボタイプとか。新しいタイプについても考えていく。

有機ポリマーは既に携帯の保護フィルムなどに入っているが、イオン液体の用途は今の所これら 2 種類に限られており、発電に使える事が分かれば 3 目の実用化という事で業界も湧くので、今後とも一緒に考えていきたい。

Q（藤田）：マカロニの様なゲルが作れると色々特徴が出せるが、作成は可能？

A（小野）：必ず出来るはず。熱重合などの手法で、その形状を狙っていく。

Q（橋口）： $Q = CV$ で、ポリマーの形成する電気 2 重層の場合、理論的な  $V$  が有ると思うが如何？

A（小野）：そう考えている。但し、今はアニオンがモバイルなので、 $V$  が出ない事実が有る。即ち、電圧が取れていない。逆にアニオンが固定できれば、回答が得られるはず。

以上