

内部起電力像である。図 16-a) でより凸に（白く）見える部分が、内部起電力像で、より電気が流れていることが分かった。この装置を用い、一定電圧を長時間印加した電極で構造変化を調査した結果、劣化等による明らかな二次電子像の変化や内部起電力像の顕著な変化はみられなかった。今後、さらに、詳細に調べる必要があるが、現状のところ、4 項と 5 項で述べた原因に起因して、逆変位、劣化等の現象が生じていると考えられる。

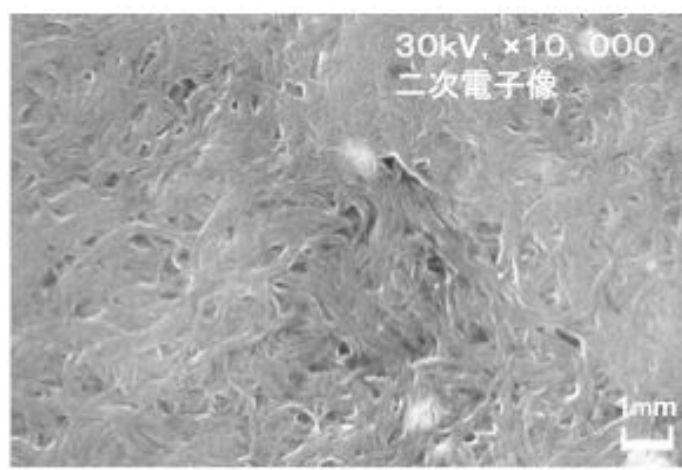


図 1 4 SEM による電極膜の表面形状像

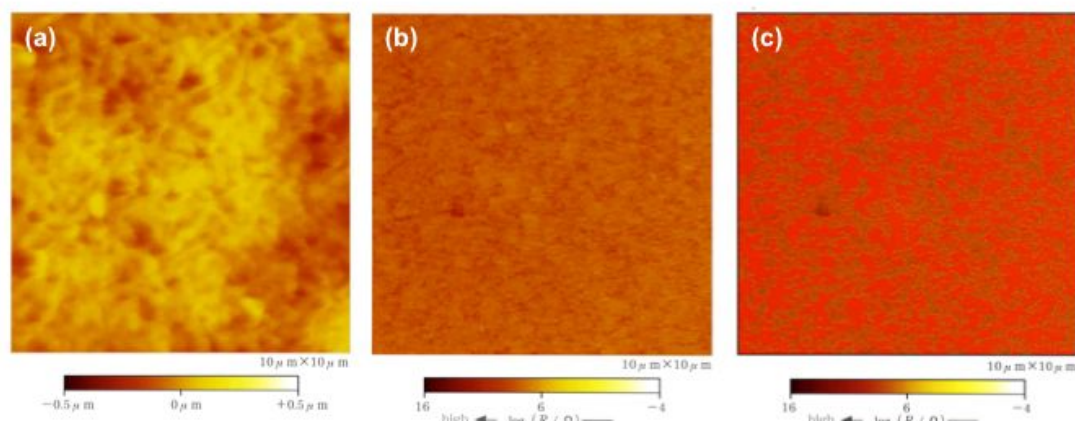


図 1 5 AFM による表面形状像(a)、拡がり抵抗像(b)、低抵抗領域のマッピング像(c)

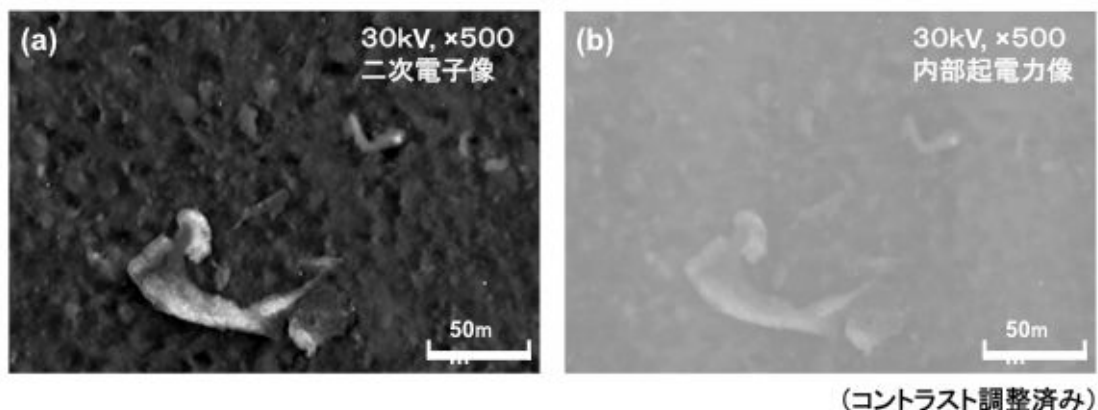


図 1 6 SEM による二次電子像(a)と内部起電力像(b)

7. 発生力の向上

昨年度、開発した ACT 素子の最高値を表 1 に示した。これに対し、支持高分子として、昨年度使用していたフッ素系の高分子で、より、融点、曲げ屈折率が高いフッ素系高分子を使用することにより、変位量を低下させることなく、発生力を最高値で約 1.5 倍向上させることに成功した。

表 1 ACT 素子性能比較

ACT素子	素子厚(μm)	電圧(V)	周波数(Hz)	変位量(mm)	発生力(mN)
昨年度開発素子	454	±2.0	0.3	0.088	9.1
			0.1	0.19	15
		±2.5	0.3	0.13	14
			0.1	0.28	20
			0.01	0.68	21
今年度開発素子	505	±2.0	0.3	0.15	9.8
			0.1	0.26	14
		±2.5	0.3	0.22	10
			0.1	0.39	18
			0.01	0.63	30

8. まとめ

本研究開発項目では、実用的点字デバイス実現のためのナノカーボン高分子アクチュエータの最大の課題である、繰り返し使用における劣化、および、一定電圧下の逆変位現象の問題の解決のため、以下の3個の観点から精査し、対策を明らかにした。

① 変形メカニズムの観点から検証し改良

電極層と電解質層のイオン移動を制御することにより、逆変位現象が改良できる事を見だし、電極層／電解質層界面に油脂層を形成する事で、変形応答の立ち上がりの速さを損ねずに、逆変位応答現象を改良できる事が分かった。

② 電極反応の観点から検証し改良

カーボンナノファーバーを賦活処理した活性カーボンナノファイバーを用いることにより、駆動電圧を2V程度にすれば、逆変位現象を大きく改善され、繰り返し耐久性も大きく改善されることが分かった。

③ 電極の構造的要因の検証

本プロジェクトで購入した改造電圧印加装置 SEM により、アクチュエータ電極の微視的な導電性の部分と非導電性の部分が区別されて、観察できる事を確認した。今後、この装置を用い、本年度で行う事のできなかつた点字ディスプレイの様な、アクチュエータ繰り返し使用による電極への構造的影響について、調査を進める予定である。

以上の本年度の本研究開発項目の結果より、油脂層形成等によるイオン移動の制御、および、電極層における ACNF 電極の使用、およびその最適化によって、逆変位現象、および、繰り返しによる劣化の問題が、ほぼ解決できる見通しがついた。今後、これらの成果を元に素子作製の最適化をすすめ、③の構造的要因の検証を進める事で、耐久性に関する問題を解決し、実用的な点字デバイス用アクチュエータの開発が実現可能と考える。さらに、最後に述べた様に、異なる剛性の高分子を使用する事で、課題の発生力を大きくする事も可能である事が分かった。

9. 研究発表

現在のところ予定はない。

10. 知的財産権の出願・登録状況

本研究開発の成果を元に3件の特許出願を準備中。

【謝辞】

5章で使用したカーボンナノファイバーは帝人株式会社より提供いただき、また、カーボンナノファイバーのアルカリ賦活処理は群馬大学工学部、白石壮志准教授により行っていただきました。ここに記して感謝を表します。

Ⅱ—2

“電子点字図書・点字デバイスの開発”
に関する報告

アルプス電気株式会社

阿部 宗光

高橋 功

高塚 智正

障害者自立支援機器等開発促進事業

(分担報告書)

“電子点字図書・点字デバイスの開発”に関する報告

開発代表機関 アルプス電気(株) 仙台開発センター

開発要旨

本開発に於いて、アルプス電気は、H23年度に着手する電子点字図書の開発に必要な基礎技術開発と、点字デバイス用ナノカーボン高分子アクチュエータの開発を担当した。点字デバイス開発では、小型ラッチ機構を新規開発することで、平成21年度の課題であった点字高さ・発生荷重の増大と、それらばらつき低減、耐久性などを大幅に改善し、視覚障害者から、『平成21年度の開発品対し識字性が大幅に改善され、数多くの視覚障害者が触読できるレベル』であると、全般的に高い評価を頂いた。ナノカーボン高分子アクチュエータの開発では、産業技術総合研究所と共同で耐久性の改善を行い、耐久性悪化の主原因と影響因子をほぼ特定し、今回部分的に改善を施すことで、例えば連続駆動に於ける耐久性を従来比で7倍以上向上させることができた。電子点字図書開発の展開を絡めた今後の課題として、メカ精度の追い込みによるラッチ動作の安定化、開発した各種耐久性改善施策のアクチュエータへの展開、高導電性化や材料配合最適化などによる応答性の向上があげられる。

開発者

アルプス電気(株)仙台開発センター 第1プロセス技術部

阿部宗光(部長、開発代表者)、高橋 功(テーマリーダー)、高塚智正(開発員)、
佐々木順彦(主任技師)、佐々木 真(主任技師)、奥山昌文(分析リーダー)、
吉田 健二(開発員)、菅原哲平(開発員)、青木利恵子(開発アシスタント)

A. 開発目的

昨年度(平成21年度)に開発した点字デバイス(※注1)を改良・発展させ、そして、視覚障害者のニーズや評価を開発に強く反映させる事で、実用的な「電子点字図書(薄状B5程度の点字ディスプレイ)」実現の為に技術開発およびその装置を開発すること。

※注1:平成21年度 厚生労働省障害者保健福祉推進事業(障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト) 課題名:電子点字図書 薄状(B5程度)の点字ディスプレイの開発”
(期間:H21,8/6~H22,3/31)

B. 開発する支援機器の想定ユーザー

国内外の点字が触読できる視覚障害者（触読能力が平均より低い中途障害者の方を含む）。尚、本開発プロジェクトの開発方針である“できるだけ多くのユーザーの方が利用できる点字デバイスを開発する”ことに重点をおいた。

C. 試作した機器またはシステム

動作の安定化に改善が必要ではあるが、ラッチ機構の搭載によって、点字高さ・発生力のバラツキ改善と高発生力化を実現した点字デバイス試作機を開発した。

1. 点字デバイス試作機

① 1 s t 試作機（ラッチ機構搭載機）

点字ドットのラッチ機構原理試作と点字サイズの触読性評価の目的を兼ね、ラッチ機構を搭載した2文字(+ダミー2文字)のパーキンス仕様(点間2.3mm)とプロジェクトオリジナル仕様(昨年度試作機と同じ点間 3mm)の点字デバイス1st機(図1.1、図1.2)を試作した。

ドライバー・コントローラは、昨年度 開発した装置をアレンジ(改造)し使用した(図1-3)。

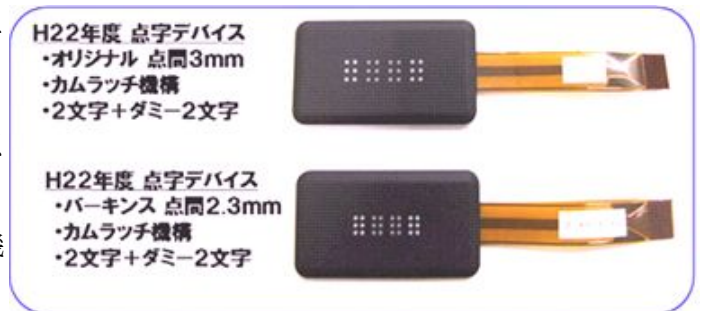


図1.1 点字デバイス1st試作機(2文字)

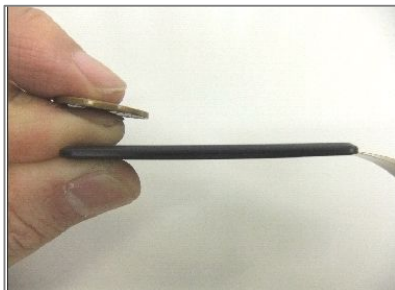


図1.2 点字デバイス1st試作機(側面)



図1.3 1st試作機用ドライバー

※主な仕様

- ・筐体サイズ: 67×37×5mm ※台数 7台(ドライバーは1台)
- ・点字サイズ(点間/マス間): パーキンス 2.3mm/4.2mm、オリジナル 3.0mm/5.0mm
- ・点字高さ/発生力: 0.32(0.30~0.34)mm / 100gf以上(実際上は、1kgf程度以上)

② 2 n d 試作機（ラッチ機構搭載機）

試作した1st機で確認された課題に対する改善を盛り込み、今年度の開発目標である、12文字点字デバイス(オリジナル仕様 点間3mm)を試作した(図2.1、図2.2)。



図2.1 点字デバイス2nd試作機(12文字)



図2.2 点字デバイス2nd試作機(全体構成)

ドライバーについては、2nd試作機用に新規開発(電池またはACアダプタ駆動)した。

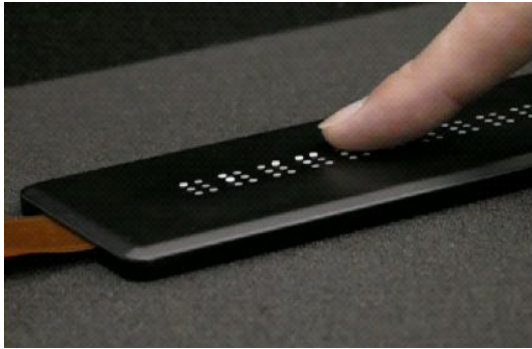


図2.3 点字デバイス2nd試作機 触読イメージ

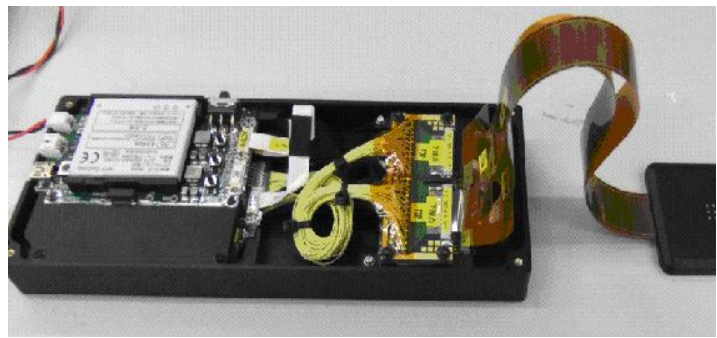


図2.4 点字デバイス2nd試作機 ドライバー(内部)

※主な仕様

- ・筐体サイズ: 150×51×6mm ※台数 3台(ドライバーは2台)
- ・点字サイズ(点間/マス間): オリジナル 3.0mm/5.0mm
- ・点字高さ/発生力: 0.32(0.30~0.34)mm / 100gf以上(実際上は、1kgf以上)

③ダイレクト駆動型試作機

昨年度(H21 年度)の点字デバイス1st試作機筐体(6文字)に、今年度(H22 年度)の開発成果(高分子アクチュエータの耐久性向上等)の一部を施した点字デバイスを試作した。

(図3: 非ラッチ機構のダイレクト駆動型点字デバイス)



図3. ダイレクト駆動型点字デバイス試作機

※主な仕様

- ・筐体サイズ: 65×30×3mm ※台数 4台(ドライバーは1台)
- ・点字サイズ(点間/マス間): H21 年度 オリジナル 3.0mm/4.5mm
- ・点字高さ/発生力: 0.35~0.40mm / 4 ~ 7 gf ※触読の際、沈み込みあり

2. 触覚特性評価装置

視覚障害者による使用感評価によって使いやすい点字ディスプレイを追求していくための装置(触覚特性評価装置)を開発した(図4)。この装置は、2文字(12ドット)の点字デバイスから成り、点字サイズの変更(手動)や各点ごとの点字の高さ・発生力を変更(PC制御)する機能と、点字デバイス4隅と点字各点ごとに設けている変位センサーと荷重センサーで被験者(視覚障害者)の触読方法を解析できる機能を有す。今後、慶應義塾大学が開発担当するユーザー触読方法の解析ソフトウェアなどを導入(組み込み)する予定。

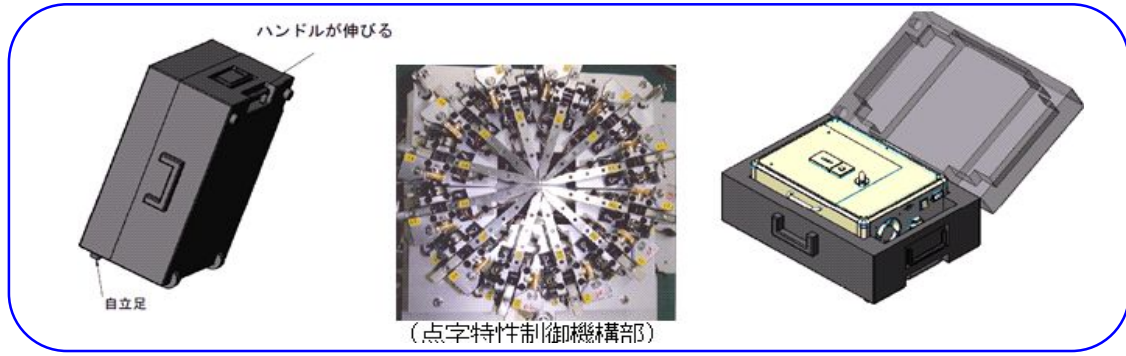


図4. 触覚特性評価装置

※ 主な仕様

- ・制御できる文字数：2文字(12点独立制御)
- ・可変範囲：点間 2～4mm、マス間 3～7mm、点字高さ 0～0.8mm、発生荷重 1～30gf
- ・触読解析センサ：各点の変位と力、点字プレート 4隅の荷重
- ・その他可変可能部分：点字形状(径,先端形状)、点字発生荷重の傾き(バネ定数、サーボ)

D. 開発方法

1. ナノカーボン高分子アクチュエータの開発

今年度の最大の課題(実用的な点字デバイス実現への最大の課題)である、アクチュエータの耐久性改善を中心に、産業技術総合研究所と共同(連携)で取り組んだ。改善すべき耐久性課題は、繰り返し使用におけるアクチュエータ性能の劣化、そして、一定電圧下で連続駆動した際の逆変位現象であり、その原因・発生メカニズムの解明～ 対策立案、実施までを、仮説から検証方法、得られた検証結果に至るまで産業技術総合研究所と議論を重ねながら、それら改善を進めた。それぞれの開発は、それぞれの着目点や仮説によって分担することで行い、弊社では、主にイオン液体の加水分解や電位シフトなどによる材料変質に起因する原因に着目した開発検討を担当し開発を行なった。そして、これら開発は点字デバイス開発および点字デバイス用アクチュエータ特性アレンジ開発と平行して進め、点字デバイスの試作の度に搭載評価を行ないアクチュエータ開発にフィードバックした。

2. 点字デバイスの開発

今年度の最大の課題は、H23 年度に着手する計画である電子点字図書の開発に必要な要素技術の開発であり、平成 21 年度の課題(点字高さ・力の増大とばらつきの低減、耐久性など)の改善を中心に開発を進めた。点字デバイスの開発は、アクチュエータで点字ドットをダイレクト駆動する平成 21 年度と同様の方式と、点字をラッチ機構で保持する方式の二通りの方式で検討を進めた。ダイレクト駆動型については、本開発で改善を進める高分子アクチュエータ特性を如何に引き出すかについて検討・考察しながら開発を進め、ラッチ型については、アクチュエータ負荷および占有エリアをいかに小さくするかを様々なラッチ機構を考案・考察して開発を進めた。これら開発は、慶應義塾大学が担当した試作デモ機によるモニター評価結果をフィードバックしながら実施し、特に、ラッチ型は、基本動作の原理検証と好適な点字サイズの選定評価を兼ねた2文字の1st

試作機、その技術的評価結果とユーザーによるモニター評価結果を盛り込み多列化した12文字の2nd試作機の2Stepで開発を実施した。駆動源となるアクチュエータは、産業技術総合研究所と共同で耐久性の向上などを実施し、それぞれが作製したアクチュエータ、または成果を集約したアクチュエータをデバイスに組み込み評価しながら最適化を実施した。

3. 触覚特性評価装置の開発

点字ディスプレイの好適な仕様導出の為の“触覚特性評価装置”の開発は、慶應義塾大学がこれまで培った経験・評価ノウハウを限られたコスト内で可能な限り盛り込む為、慶應技術大学と装置仕様の最適化の為の打合せを重ねながら開発を行なった。

※倫理面への配慮については、慶應義塾大学の分担報告書や総括報告書を参照のこと

E. モニター評価

弊社が開発担当した点字デバイスは、慶應義塾大学によって、ユーザーによるモニター評価が為された。

※その評価方法等、詳細については、慶應義塾大学 分担報告書、または 総括報告書を参照のこと。

F. 開発で得られた成果

1. ナノカーボン高分子アクチュエータの開発

今年度は、実用的な点字ディスプレイ開発のために、産業技術総合研究所と共同で、アクチュエータ耐久性向上に注力し、変形メカニズムの観点、及び、化学反応の観点から、アクチュエータ長時間連続駆動における劣化機構のメカニズムを精査し対策を検討した。

アルプス電気は、アクチュエータを大気中で駆動する場合と、ドライまたは窒素雰囲気中で駆動する場合とで、逆変位現象や繰り返し駆動時の変位低下などの耐久性に、顕著な差が現れることを確認し、加水分解などの電気分解を主とする化学反応の観点から、検討と改善を行ない、様々な改善施策を立案し効果を見出した。特に、アクチュエータをドライ環境で作製し、かつ、コーティングにて封止を行なう施策に於いては、いずれの耐久性も大幅な改善（7倍以上）を得ることが出来た。今後、産業技術総合研究所が見出した原因メカニズムと改善策を含め、幾つかの改善施策を組み合わせたり、材料自体の耐久性向上を図ることで、より実用的な耐久性性能を有するアクチュエータが実現できるものとする。



図5-1 逆変位現象の説明

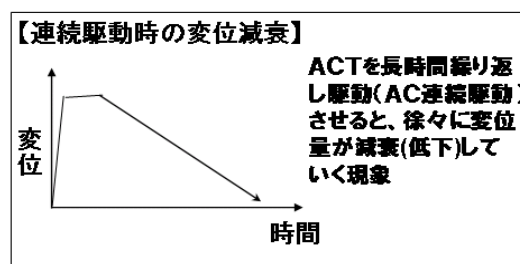


図5-2 変位減衰の説明

①点字デバイス駆動に使用するアクチュエータ方式

昨年度と同じナノカーボン高分子アクチュエータを使用。このアクチュエータは、イオン液体と高分子樹脂から成る電解質膜の両側をカーボンナノチューブなどのナノカーボン材料とイオン液体と高分子樹脂から成る電極膜で挟んだ構造（図6.1）である。この電極膜の両端に数V程度の電圧を印加し内部のイオンを移動させることで、負極側の電極膜が正極側の電極膜より伸張し、図6.2のように湾曲に変位する。軽薄ながら変位量や発生力が大きく、低消費電力であるなどの特徴が魅力の次世代アクチュエータである。

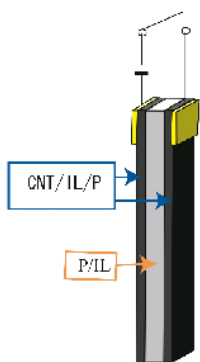


図6.1 外観

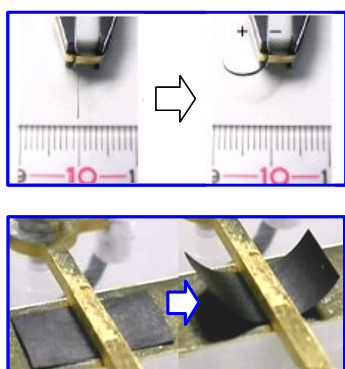


図6.2 アクチュエータの変位

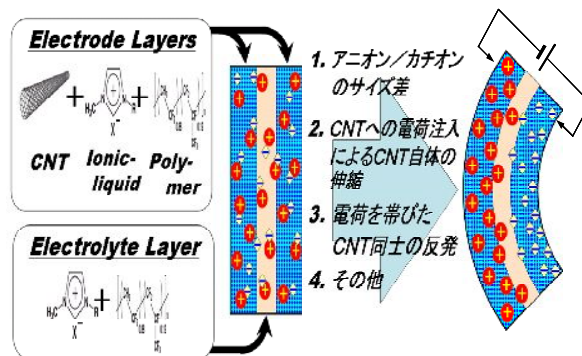


図6.3 アクチュエータの構造と動作原理

②ドライ環境に於ける逆変位現象の改善

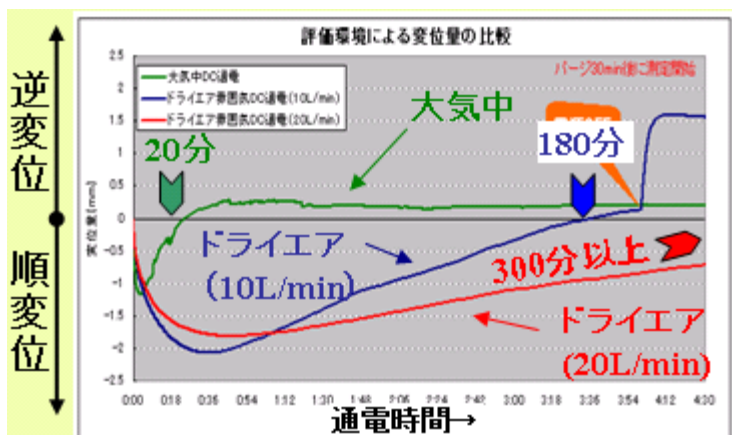


図7.1 動作環境の違いによる逆変位現象の変化

図7.1は、高分子アクチュエータを直流で一方向に変位させ続けた際に生じる逆変位現象について、その動作環境の違いによる逆変位現象の変化を示した代表例である。当該環境または実験の範囲では逆変位現象は発生するものの、明らかに、大気環境よりもドライ環境での動作の方が、逆変位現象が改善していることが解る。

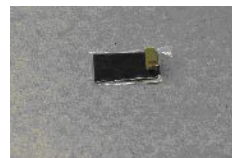
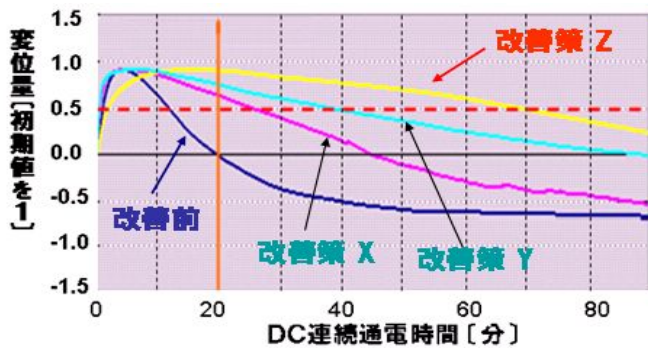
③代表的改善結果

図7.1の結果は、大気中の水分が逆変位特性に影響を与えていると考えられる為、アクチュエータを簡易的に樹脂封止することを試みた結果が図7.2である。

(※改善前:封止なし、改善X~Y:封止あり(X~Yは材質や厚みの違い。)

図7.1の逆変位方向は上側、図7.2はその逆で、逆変位方向は下側)

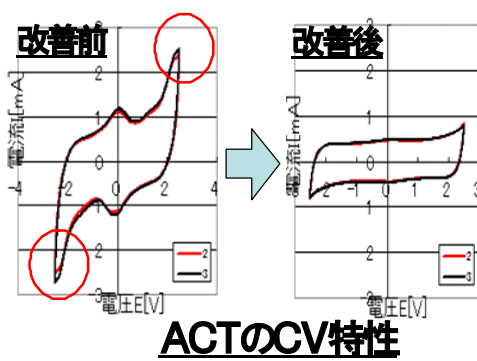
図7.2に示すとおり、封止によって逆変位現象が改善されていることが解る。



←簡易封止を施した素子

変位量	改善前	改善X	改善Y	改善Z
半減	11分	25分	40分	70分
ゼロ	20分	44分	85分	130分

図7.2 ユーティング(封止)による加水分解抑制策による改善結果



異常電流低下(改善)
↓
特性劣化の抑制

図7.3に、アクチュエータに封止の有無しでのCV特性評価の変化を示す。異常電流の低下は、イオン液体の電気分解が抑制されたことを示すものと考えられ、イオン液体の変質の抑制に対しても封止が効果的であることが見てとれる。

ACTのCV特性

図7.3 封止によるCV特性の変化

図7.4は、アクチュエータを交流駆動させたときの繰り返し耐久性を封止の有無で比較したものである。

封止の有無で、繰り返し動作の際の変位減衰に大きな違いがあることが解る。

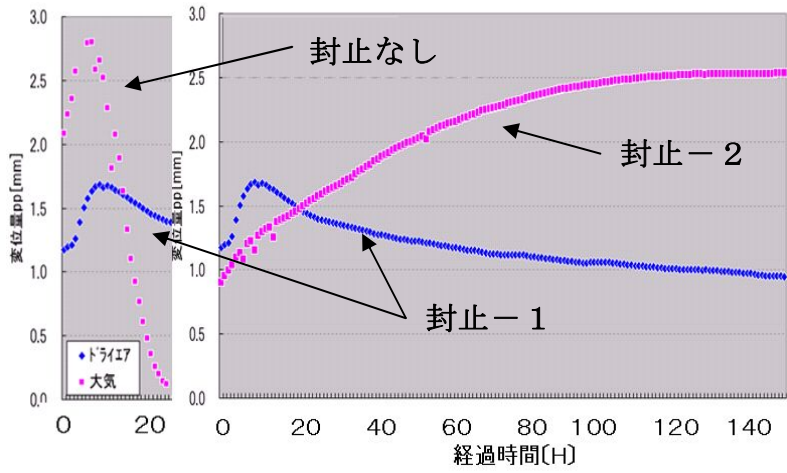


図7.4 封止による繰り返し耐久性の変化

④その他 耐久性改善例 (グラフト化)

アクチュエータ電極材料である炭素材料の活性点をグラフト処理によって不活性化した場合の逆変位現象の変化を図7.5に示す。

※ グラフト処理は、新潟大学大学院自然科学研究科・工学部機能材料工学科 坪川紀夫教授にご協力(開発委託)を頂き実施。

アクチュエータ電極材料のグラフト処理によって、逆変位現象が改善されていることが解る。