

障害者自立支援機器等開発促進事業

“電子点字図書 薄状(B5程度)の 点字ディスプレイ “ に関する開発 (2年計画の1年目)

平成22年度 総括・分担報告書

開発代表機関	アルプス電気株式会社
分担機関	産業技術総合研究所
分担機関	東京大学
分担機関	慶應義塾大学

平成23(2011)年 6月

目 次

I. 総括報告

- “電子点字図書 薄状(B5程度)の点字ディスプレイの開発” に関する報告 ----- 3
開発代表機関名： アルプス電気株式会社

II. 分担報告

1. “ナノカーボン高分子アクチュエータの開発” に関する報告 ----- 22
⁴⁴ 産業技術総合研究所 安積 欣志、杉野 卓司
2. “電子点字図書・点字デバイスの開発” に関する報告 ----- 41
アルプス電気(株) 阿部 宗光、高橋 功、高塚 智正
3. “大面積、薄型点字ディスプレイの有機駆動回路の開発” に関する報告 ----- 58
東京大学 染谷 隆夫、関谷 毅、福田 憲二郎
4. “ユーザー評価による点字デバイス特性仕様の導出と試作デモ機の
ユーザー評価実験に関する報告 “ ----- 62
慶應義塾大学 中野 泰志、新井 哲也、大島 研介

- III. 開発成果の公表に関する一覧表 ----- 77

- IV. 開発成果の公表に関する刊行物・別刷 ----- 79

障害者自立支援機器等開発促進事業

(総括報告書)

電子点字図書 薄状(B5程度)の点字ディスプレイに関する開発

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

アルプス電気(株)、産業技術総合研究所、東京大学、慶應義塾大学は、平成 21 年度に同メンバーでナノカーボン高分子アクチュエータを使って開発した点字デバイスを改良・発展させ、視覚障害者のニーズや評価を開発に強く反映させた実用的な「電子点字図書(B5程度)」の実現のための技術開発及びその装置の開発を行なった。平成 22 年度は、平成 21 年度課題の改善を中心した基礎技術開発を行ない、耐久性を向上させた点字デバイス用高分子アクチュエータ、点字の高さと発生力を高安定化し触読性を向上させた 2 文字と 12 文字の点字デバイス、大電流化を実現した有機トランジスタドライバー、そして、好適な点字デバイス仕様を導出する為の触覚特性評価装置の試作・開発を行なった。試作した点字デバイスは、一部、動作の安定性に課題が残るが、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、視覚障害者の方々より『平成 21 年度に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。

開発者

開発代表機関：□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)、他 7名(交付申請書参照)

開発分担機関：□産業技術総合研究所 健康工学研究部門 人工細胞研究グループ

安積欣司(研究グループ長、開発分担者)、杉野卓司(主任研究員)

□東京大学 大学院工学系研究科 電気系工学専攻 染谷隆夫(教授、開発分担者)、関谷 毅(講師)、福田憲二郎(D3)

□慶應義塾大学 自然科学研究教育センター 中野泰志(教授、開発分担者)、新井哲也(助教)、大島研介(研究員)

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)」実現の為の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. 開発体制

□アドバイザー

岡本 明 先生 (NPO法人 風の子会 副会長、筑波技術大学名誉教授)

□ご協力頂いた団体

社会福祉法人日本盲人連合会様、日本網膜色素変性症協会様、全国盲学校長会様、全国盲学校様(視覚特別支援学校)、社団法人東京都盲人福祉協会様、NPO法人 View-net 神奈川様、社会福祉法人日本ライトハウス様、国立大学法人筑波技術大学様

□ご協力頂いた盲学校

秋田県立盲学校様、福島県立盲学校様、茨城県立盲学校様、筑波大学附属視覚特別支援学校様、福岡県立福岡高等盲学校様、福岡県立北九州視覚特別支援学校様、宮崎県立明星視覚支援学校様

D. 試作した機器またはシステム

平成 22 年度 当プロジェクトは、点字デバイス(1st 試作機、2nd 試作機)、触覚特性評価装置、有機トランジスタドライバー(蒸着型、スクリーン印刷型)を試作した。

1. 点字デバイス試作機

動作の安定性に課題があり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。この試作機について、視覚障害者の方々より『昨年度に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』のコメントを受けるなど、全般的に高い評価を頂いた。

(担当)点字デバイス: アルプス電気、高分子アクチュエータ: 産業技術総合研究所、アルプス電気

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、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)を試作した。

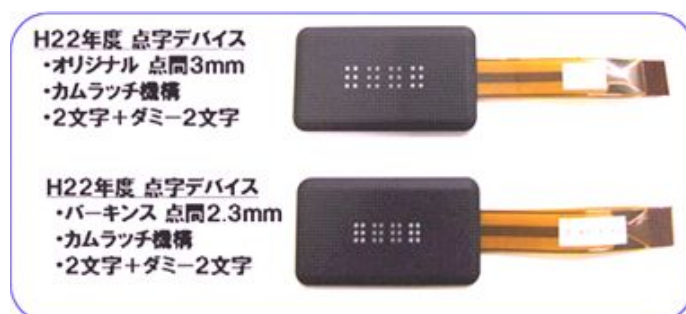


図1. 点字デバイス1st試作機(2文字)

※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 2nd 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)

※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

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

※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 ~ 7gf ※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、これら機能を使って、視覚障害者にとって、好適な点字デバイス仕様

の導出検討を行っていく予定である。

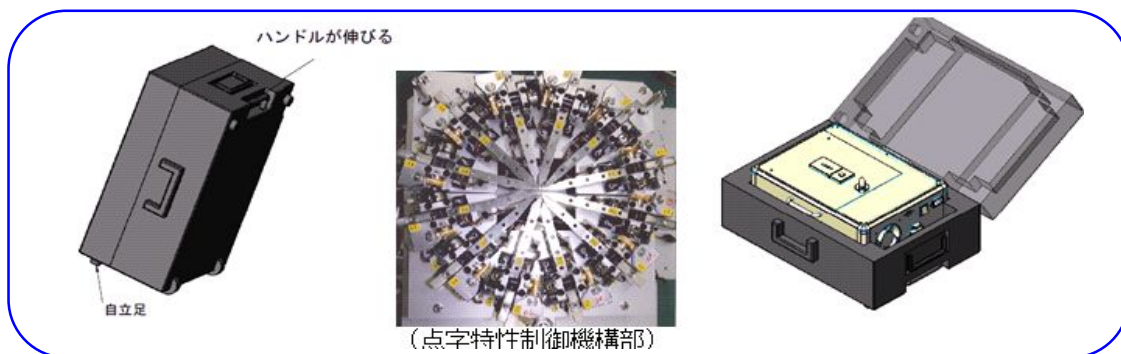


図4. 触覚特性評価装置

※ 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)

(担当) 本体装置:アルプス電気(株)、デモ評価・解析ソフト・解析: 慶應義塾大学

3. 有機トランジスタ ドライバー

点字デバイスの将来的な超薄型化・可撓性化(折り曲げることができる点字デバイス)を実現する為に、有機トランジスタによる点字デバイスドライバーを開発中。今年度は 自己組織化単分子絶縁膜をゲート絶縁膜に用いた2V 駆動の点字駆動回路の開発(図5)と、スクリーン印刷技術を用いた300mm角の有機トランジスタアクティブマトリックス(図6)を試作した。 今後、この技術を用いて、低コストな薄型点字ドライバーを開発していく予定である。

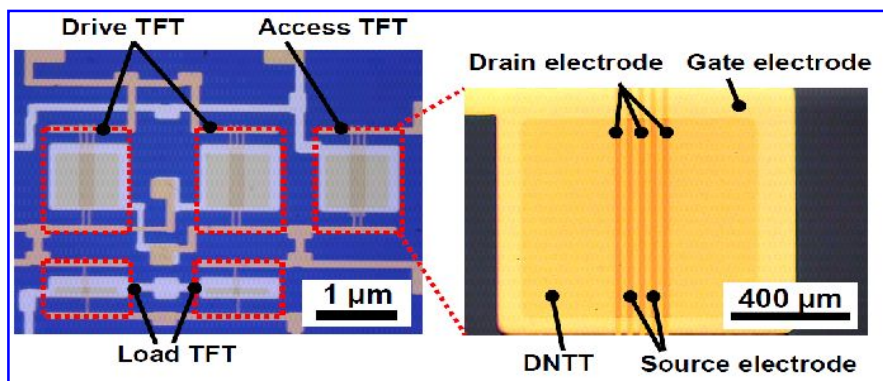


図5 低電圧駆動有機トランジスタで構成した駆動回路としてのSRAMセルと有機トランジスタ単体の拡大図

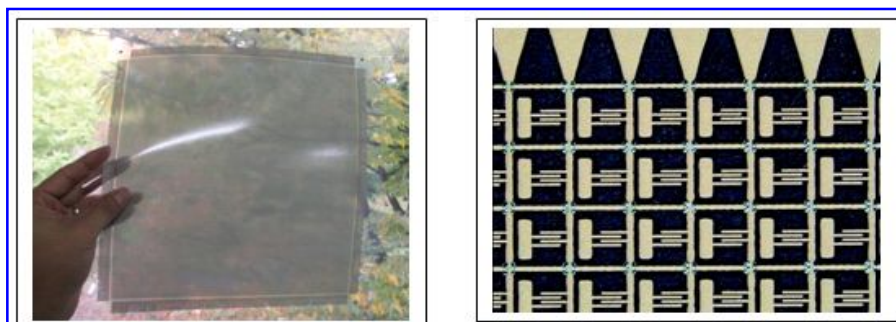


図6 スクリーン印刷技術を用いたトランジスタアクティブマトリックスと拡大図

※主な仕様

蒸着型プロセス: チャンネル長 10 μ m、W/L: 5000、電流: 3.5mA@3V、
ON/OFF比: 10^5 、移動度: $2.0\text{cm}^2/\text{Vs}$

スクリーン印刷プロセス: “チャンネル長の微細化で mAレベルの高電流化”と、
“ゲート絶縁膜の薄膜化で3Vまでの低電圧化”を目標に開発中

(担当) 東京大学

E. 開発方法

1. ナノカーボン高分子アクチュエータの開発

産業技術総合研究所は、アルプス電気と共同で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行なった。今年度は、実用的な点字デバイス実現へ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、その原因・発生メカニズムの解明～ 対策立案、実施まで、仮説から検証方法、得られた検証結果まで議論を重ねながら、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進めた。それぞれの開発は、それぞれの着目点や仮説から、産業技術総合研究所では、主にイオン移動や炭素材料などに起因する原因に着目した開発検討、アルプス電気では、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、と云うように、分担し開発を行なった。

2. 電子点字図書／点字デバイスの開発

アルプス電気は、H23 年度に着手する計画である電子点字図書の試作開発に必要な点字デバイスの開発を担当した。この開発は平成 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)の改善をメカ的にアプローチすることが主であり、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とで検討を進めた。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で、点字特性(点字サイズ、点字高さや発生荷重、それらばらつきなど)に対する触感・識字性などの結果をフィードバックしながら実施した。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。

開発の中盤からは、障害者支援機器の開発に深い経験と実績のある NPO 法人 風の子会の岡本明先生(筑波技術大学 名誉教授)に医療福祉専門職の立場からのアドバイザーとしてご参画頂き、技術的および製品的な開発の方向性を見直しを行い、以降、ユーザーにとって何が重要で何が重要かなどを改めて問いながら開発を進めた。

また、点字ディスプレイの好適な仕様導出の為、アルプス電気と慶應義塾大学は、点字サイズや点字高さ・発生荷重などを任意に設定可能な触覚特性評価装置の開発を担当した。この本体装置の開発を担当したアルプス電気は、慶應義塾大学がそれまで培った経験・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、慶應義塾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。

3. 有機トランジスタ ドライバーの開発

東京大学は、将来的に点字デバイスを超薄型化する為に必要な有機トランジスタドライバーの開発を担当し、今年度は、自己組織化単分子膜(SAM)を絶縁膜として利用した有機トランジスタの作製と、それを用いてアクチュエータを低電圧で駆動するための有機駆動回路、有機 SRAM の開発を分担した。特に、アクチュエータの変位速度を向上させるため、駆動回路の最適化に取り組んだ。さらに大面積&薄状の点字ディスプレイの駆動回路への応用を展開するため、スクリーン印刷技術を用いた有機トランジスタの開発を行った。

4. モニター評価に関する倫理面への配慮

慶應義塾大学は、本開発の試作品のモニター評価を実施するにあたり、日本生活支援工学会倫理審査委員会による倫理審査を受けた。以下、特に配慮した点について記述する。

(1) 移動に関する支援

対象者は全て重度のロービジョンまたは全盲の視覚障害者であったため、必要な場合には評価実施施設の最寄りの公共機関まで送り迎えを行った。また、対象者によっては不慣れた場所への移動が困難であったため、当人からの要望があった場合には、希望の場所(勤務先)へ出向いて評価を行った。

(2) 体調面への配慮

本研究は対象者に器具を装着したり身体を拘束したりするものではないが、不慣れた環境で最長2時間程度の実験・調査に参加するため、対象者からは疲労を感じるとの報告があった。そのような報告があった場合には即座に休憩を入れ、また報告のない場合でも、約1時間が経過するごとに休憩時間を設けた。なお、極度の疲労や体調不良等を訴えた場合に備えて、施設内の保健管理センターや医療機関等へ案内する準備を整えていたが、そのような事態は生じなかった。

(3) インフォームドコンセント

インフォームド・コンセントの取得は、各協力団体の関係者の立ち会いのもと、実験当日に必要な事項を記載した文書を提示するとともに口頭で説明し、同意書により同意を求めることで行った。全ての対象者が自筆での署名を困難としたため、協力団体立ち会い者に代筆してもらった。なお、インフォームドコンセントを求める際には、障害者の人権を擁護する専門機関である「かながわ権利擁護相談センター」にて相談が可能である旨を口頭で伝えた。

(4) 個人情報およびデータの保管

デジタルデータについては、元データと連結対応表を評価研究の代表者(中野泰志)が個別のディスクにて管理している。データの保管場所は本研究専用の固定ディスクとし、使用する時にだけ接続するとともに、ディスク自体をパスワード保護している。紙データについては、鍵のかかる専用のケースに保管している。

(担当) 慶應義塾大学

F. モニター評価

点字を常用している視覚障害者に対し、1)本機を用いた際の触読効率を測定する客観的評価と、2)半構造化面接法によって機器の使用感や問題点を明らかにする主観的評価を実施した。2月26日現在、触読効率の測定実験に参加した被験者は12名(先天性の視覚障害者は7名、中途視覚障害者は5名)、半構造化面接に参加した被験者は34名の延べ46名であった。

1) 触読効率評価実験

現段階の試作機でどの程度の触読効率が見られるかを測定し、従来の点字ピンディスプレイにお

ける効率と比較して、今後の開発のための基礎データを得た。文字の読みやすさを評価する心理学的研究においては、読みの正確さを表す指標として正答率を、読みの速さの指標として読み始めから読み終わりまでの所要時間である反応時間を用いるのが一般的である。本研究ではこれにならい、触読効率の具体的な指標として、a) 触読の正答率、および b) 反応時間から計算される触読速度を用いた。これにより、試作機を用いて点字利用者がどの程度正確に読むことができるか、またどの程度速く読むことができるかを客観的に評価することができる。なお、使用した点字ディスプレイは、パーキンスブレイラーと同じ点サイズの試作機(以下、パーキンス)、アルプス電気独自の規格で、点間がパーキンスよりも広い試作機(以下、アルプス)、そして従来の点字ディスプレイであるブレイルメモ 24(以下、ブレイルメモ)であった。それぞれについて 20 回ずつの測定を行った。

2) 半構造化面接による評価

客観的な効率に差が出た場合、その理由を探るためには使用感等の主観的な評価が必要である。また、客観的な触読効率がよくても、主観的な使用感に問題があっては利用されるエイドにはならない。特に、本試作機は、従来の点字ピンディスプレイよりも薄型化・省電力化を目指すため、点字のサイズや発生力を極限まで調整する必要があり、これらが利用しやすさにどのような影響を及ぼすかを検討する必要がある。そこで、従来の点字ピンディスプレイと比較し、使用感等に問題がないかどうか、問題があるとするならばどのような点を改良すべきかを半構造化面接によって明らかにした。また、このデバイスをどのような場面で活用したいかについての要望を聴取した。

なお、所要時間は、半構造化面接に約1時間、触読効率の測定に約1時間かかり、事前の説明や事務手続き、移動や休憩時間を含めて1名あたり4時間程度であった。

< 添付資料 >

本統括報告書末に次の資料を添付した。

- ・添付資料-1: 本開発のモニター評価に際し、使用した倫理審査申請書
- ・添付資料-2: 本開発のモニター評価に於ける、被験者への説明書
- ・添付資料-3: 本開発のモニター評価に於ける、被験者の同意書

(担当) 慶應義塾大学

G. 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

産業技術総合研究所は、アルプス電気株式会社と共同で、アクチュエータ耐久性向上(構造的/化学的変化の抑制)に必要な、材料改質(均一分散や化学的補強)、変質起因成分封止、駆動方法の工夫を行った。同時に、新開発する点字デバイスに好適な特性調整を行ない、アルプス電気株式会社が担当する、点字ディスプレイデモ機へのアクチュエータ試料提供を行った。

本年度は、実用的な点字ディスプレイ開発のために、アクチュエータ耐久性向上に注力して、変形メカニズムの観点、および、化学反応の観点から、アクチュエータの長期使用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。

“変形メカニズムの観点”からは、様々なイオン成分の条件における素子の変形挙動を調べ、2 枚のナノカーボン高分子電極に挟まれた、イオン導電性のイオンゲル電解質膜におけるイオン移動が、変形応答の速度にも重要であるが、一定電圧を印加し続けた場合の変位の保持ができなくなる現象へも影響があることが分かった。このことから、電極膜層と電解質膜層界面に油脂層を形成する事により、劣化現象を防ぐ事が可能な事が分かった。

“化学反応の観点”からは、長時間電圧を印加することにより、素子が逆に応答し、劣化する現象がみられ、これらが上記の物理化学的な現象だけでなく、電極内における何らかの電極反応に起因する事が、様々な予備実験より推察された。また、この反応に空気中の水、酸素の影響が推察された。この事より、アクチュエータ作製の材料の保管、作製のプロセス、評価を非水、脱酸素のグローブボックス内で行うことにより、評価した。その結果、大気中で作製、評価したものより、耐久性が向上した。以上から、空気中の水分、酸素からのシールド、および、イオン移動プロセスの制御を行うことにより、アクチュエータの耐久性向上(一定電圧による変位の長時間保持)が図れることが分かった。

逆変位現象についての改善例

- ・イオン移動抑制策の改善例 (図7-2)
変位ゼロとなる時間：26分 → >> 120分
- ・加水分解抑制策(封止)の改善例 (図7-3)
変位ゼロとなる時間：20分 → 130分



図7-1 逆変位現象の説明

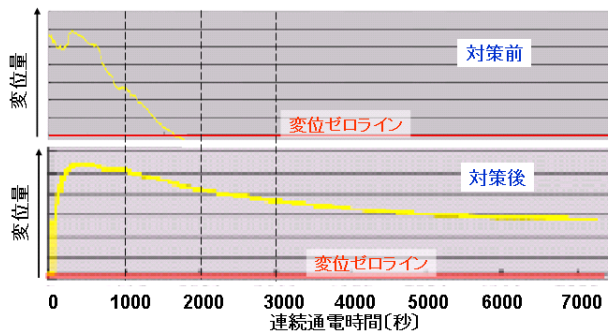


図7-2 イオン抑制策の改善効果

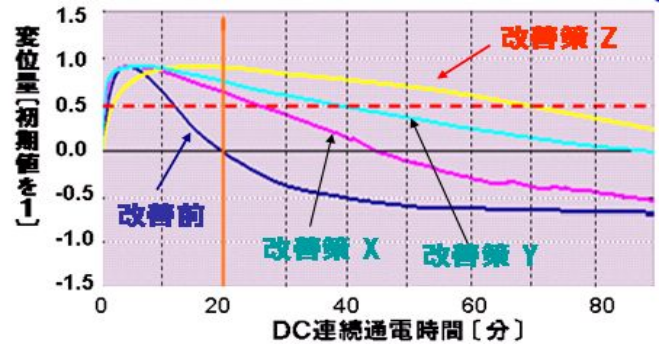


図7-3 加水分解抑制策による改善効果

(担当) 産業技術総合研究所、アルプス電気

2. 点字デバイスの開発

小さく(W1.4~2mm × L5~7mm × D 0.2~0.3mm)発生力の弱い高分子アクチュエータで駆動できる点字デバイス用小型ラッチ機構を開発し、高発生力で点字高さと発生力が安定した1st試作機(2文字)と2nd試作機(12文字)の2種類の点字デバイスを実現した(上記 図1、図2、下記 図8)。ラッチ機構については、様々な構造案の検討し、パーキンスにも対応可能で且つ組み込み調整がしやすい“アクチュエータ水平配置・上下変位の回転カム型”に決定し開発を行った。このラッチ機構開発(幾つかの原理試作機 1st試作機~2nd試作機で評価検証)で、来年度予定の多行多列の点字デバイスである電子点字図書の開発に必要な要素技術が得られ、そして、来年度の取り組み課題の明確化ができた。

尚、今年度に試作した点字デバイス1st機、2nd機はラッチ機構の検証を主目的としているため、機構調整やアクチュエータ交換作業の容易化の為に、全体的に形状がかなり(数十%程度以上)大型となっている。

		ダイレクト型 (H21)	ラッチ型 (H22)
			
発生力		3~7gf	100gf以上
点字高さ	突出量	0.35~0.40mm	0.30~0.34mm
	荷重時の変化量 (最大)	1gf:0.05~0.20mm 3gf:0.15~0.40mm	≤0.02mm

図8 ラッチ機構搭載による点字デバイス特性改善

(担当)アルプス電気

3. 触覚特性評価装置の開発

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為の装置(触覚特性評価装置)を開発した(上記 図4)。慶應義塾大学の点字に関する様々な知見から導出された当該装置の必要機能・必要性能とアルプス電気の今年度技術的実現性検討とを摺り合わせ仕様・計画化した上で開発を進め、完成に至る。この装置は、2文字限定ながら、①点字サイズ(点間・マス間・点形状など)の可変、②各点ごとの点字高さ・強さの可変、③触読方法を解析する為のデバイス4隅と点字各点の荷重と変位の検知の機能(図9)が1つの装置に納められており、プロジェクトメンバーが知る範囲で、触読解析装置として世界初、または最高水準の有用な評価データが期待できる装置である。この装置によって、点字デバイス開発に於ける好適仕様導出などの成果が期待される。

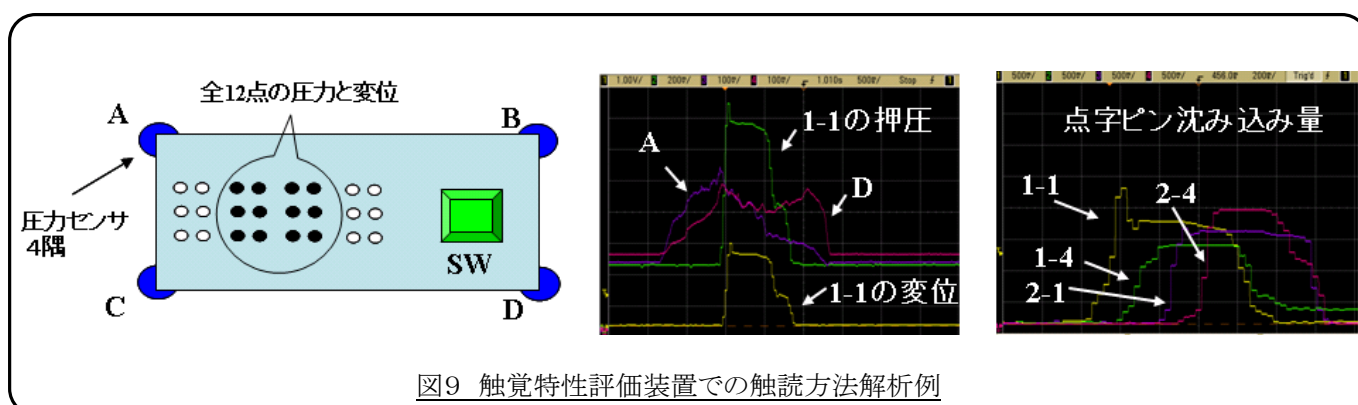


図9 触覚特性評価装置での触読方法解析例

(担当)本体装置:アルプス電気、モニター評価・分析ソフト・分析:慶應義塾大学

4. 有機トランジスタドライバーの開発

蒸着プロセスを用いた有機トランジスタドライバーの開発では、チャンネル長を10umまで微細化することで3mA以上の電流値、 $2.0\text{cm}^2/\text{Vs}$ の移動度を実現した(図10-1)。

また、大面積&薄状の点字ディスプレイの駆動回路となる有機トランジスタアクティブマトリックスをスクリーン印刷技術を用いて作製することに成功した。80x80トランジスタセルが2mmピッチ間隔で作製されている各トランジスタセルにおいて、移動度 $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上を実現した(図10-2)。この技術を用いることで、薄型点字ドライバを低コストで大面積に作製することができる。

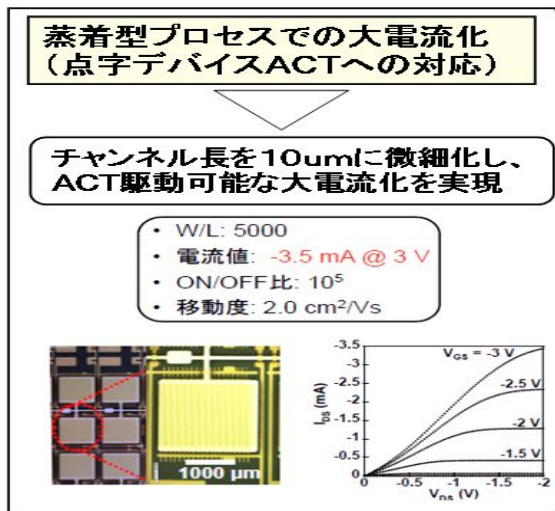


図10-1

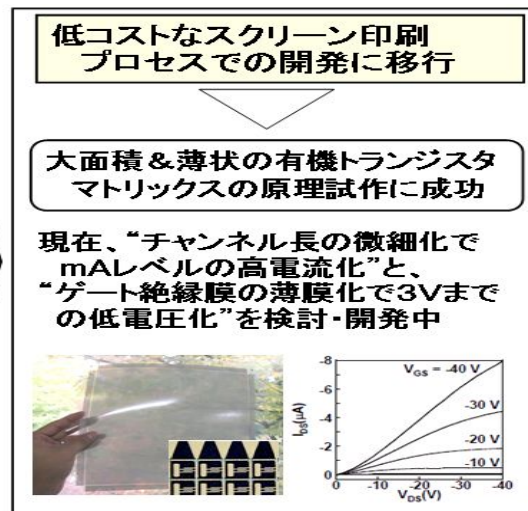


図10-2

(担当) 東京大学

5. ユーザー評価研究

(1) 触読効率の結果

図11-1に正答率の平均を、図11-2に反応時間の平均を示す。正答率については、いずれの試作機でも90%以上の高い正答率が得られており、昨年度の試作機と比べ、飛躍的に高い正答率が得られることがわかった。反応時間に関しては、アルプスオリジナルサイズの試作機で若干、時間がかかる傾向が見られたが、大きな差ではなかった。この結果から、本試作機の触読効率は、最も利用されているピンディスプレイである KGS 社製ブレイルメモに匹敵することがわかった。ただし、パーキンスサイズの試作機は正答率が、アルプスサイズの試作機は反応時間が、従来のピンディスプレイよりも若干ではあるが効率が低い傾向があった(統計的な検討は被験者数を増やした上で行う必要がある)。そこで、これら触読効率の若干の低下が本試作機の使用感等に影響するか否かについて半構造化面接において検討を行った。

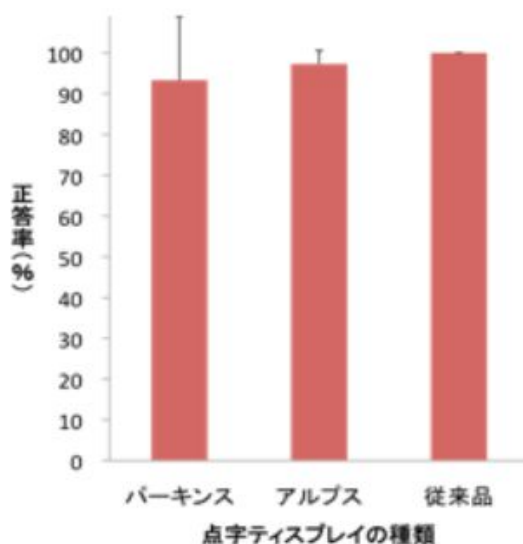


図11-1. 正答率の平均

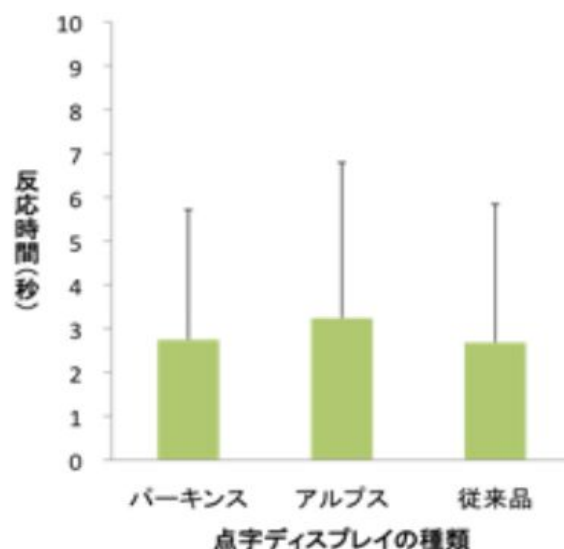


図11-2. 反応時間の平均

(2) 半構造化面接の結果

点の高さについては、9割の対象者が実用に耐える水準であると回答した。残りの1割は、高さが不十分である理由として、点によって高さが通常の点字と異なる、点が低いと回答した。また、点の間

隔(点サイズ)については、パーキンスサイズであれば実用に耐えうると回答した対象者が9割を占めたが、アルプスサイズの場合には7割程度であった(図12)。その理由として、アルプスサイズは日本の標準サイズよりもかなり大きいため、通常の読み方では効率良く読み取ることができず、慣れるまでに時間を要するという回答が多かった。

本試作機の実用化に関しては、全員からとても高い期待が寄せられた。製品化の方向性としては、大きくわけて2つのニーズが示された。一つ目のニーズは、薄型化の利点を活かし、家電製品等の液晶表示に活用して欲しいという内容であった。特に、ATM、エアコン、電子レンジ、デジタルテレビ等の最新の製品への搭載を期待する声が多かった。二つ目のニーズは、多行表示の利点を活かし、点字ページディスプレイに活用して欲しいという内容であった。現在、ピンディスプレイは1行しか表示できない点に不満を感じているユーザーが多く、2～3行の表示でもよいので、早期に多行表示を実現して欲しいという声が多かった。特に、点字図書を電子化する上で、多行表示は必須であるという意見が多かった。

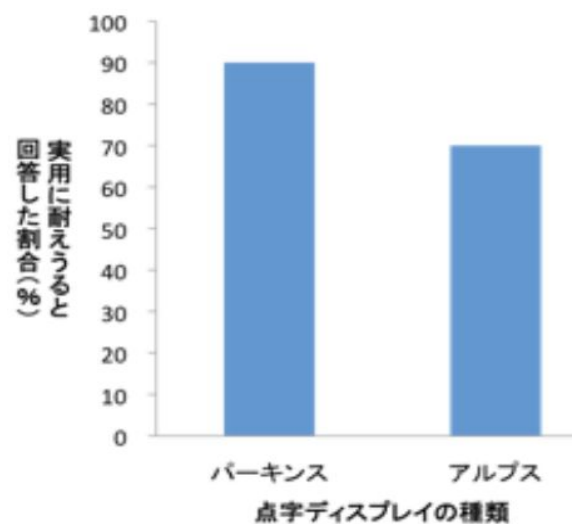


図12. 実用に耐えうると回答した割合

(3) 結論

本試作機は、客観的な触読効率の観点からも、主観的な使用感の観点からも従来の点字ピンディスプレイに匹敵する性能を持っていることがわかった。また、本試作機には、従来のピンディスプレイにはない、薄型化という特徴と、構造的に今後多行表示化が可能という特徴がある点が高く評価された。そして、薄型化の利点を活かし家電製品等の液晶表示に活用して欲しいというニーズが多いこと、多行表示の利点を活かし、点字ページディスプレイに活用して欲しいニーズが多いことがわかった。なお、多行表示を実現する際、必ずしも1ページではなくてもよいので、早期の製品化を期待する声が多かった。

今後の課題としては、従来の点字ピンディスプレイと比較すると、触読効率の観点で若干の低下がみられる点を改良する必要があることが明らかになった。今後、その理由の究明と解決策を検討し、従来のピンディスプレイ以上の触読効率を目指していく必要がある。

(担当) 慶應義塾大学

6. 今年度(H22 年度)目標に対する結果まとめ

今年度 目標	結果	達成度
a.高分子アクチュエータの耐久性と応答性の向上	○耐久性悪化の主原因・影響因子をほぼ特定、改善施策を開発 ○改善施策により、長時間連続駆動時の劣化による変位減衰の時間(傾き)については、大幅(約7倍)に改善 △劣化が原因の応答性低下は大幅改善。しかし、ACT基本特性上の応答改善は、施策は打てず向上なし。	80%
b.点字高さと発生力のばらつきの低減	○小型ラッチ機構にて、大幅な高発生力化と安定化を実現 ○ユーザー(視覚障害者)より、高い評価を得た。	100%
c.有機トランジスタドライバの大電流化	○蒸着型プロセスで、低電圧高電流化(3V,3mA以上)を達成 ○低コストなスクリーン印刷型に取り組み中(原理試作は成功)	80%
d.点字デバイス1st機試作と、ユーザー評価	○2種類の点字サイズの点字デバイス1st機を試作 ○当初予定以上の46名分のユーザー評価を実施。	100%
e.触覚特性評価装置開発と、ユーザー評価	○ほぼ目標仕様/機能の装置が完成。 △解析用ソフトウェアを開発完了次第、ユーザー評価実施予定。	70%
f.点字デバイス2nd機試作と、ユーザー評価	△2nd機(12文字)を試作。安定動作に向け改善取り組み中 △ユーザー評価は、2nd機の安定動作待ちの状態	50%
総合評価	点字デバイス動作の安定化に課題を有すが、総じて、今期目標である“来年度の開発に必要な要素技術開発”が達成できたものと判断	70%

図13. 平成22年度 目標達成度

H. 予定して出来なかったこと

- △耐久性問題が原因の応答性の低下は大幅改善することができた。しかし、当初計画したアクチュエータ基本特性的な応答性の向上については、耐久性課題改善の注力により時間が割けず、効果的改善には至らなかった。
- △新規開発した小型ラッチ機構、プロジェクト期間内にはメカ精度が追いつかず動作が不安定となり課題として残ってしまった。
- △耐久性改善について、複数の有効な施策を見出したが、点字デバイス用に対して、サイズの困難であったり、技術的調整に時間を要するなど、今年度適用ができない施策が少なくなかった。
- △ユーザーによる点字デバイス1st試作機モニター評価では、点間3mmのプロジェクトオリジナルサイズよりも、点間2.3mmのパーキンスサイズの方が触読性が良いと云う結果であったが、日程的な問題から、2nd試作機は技術的難易度が高いパーキンスサイズではなく、オリジナルサイズを適用せざるを得なかった。

I. 考察

本開発は、昨年度(H21 年度)の点字デバイス開発と同一メンバーであったこともあり開発の連携は昨年度の経験・実績を活かし比較的スムーズに進めることができたように思う。然しながら、今年度の重要課題の1つであった高分子アクチュエータの耐久性改善は、当初の予想を超えて根深く困難なものとなり、原因解明から対策実施まで、産業技術総合研究所・アルプス電気ともに、非常に多くの時間を費やす結果となった。実用的な耐久性実現には、もう少し時間を要するが、本開発でアクチュエータ特性劣化の主原因および影響因子をほぼ特定し、その効果的な幾つかの対策方法・改善方法を導出できたことは、今後、本アクチュエータを使って薄型低消費電力の点字デバイスを実現する際に不可欠な技術と判断されることから、大きな成果であったと考えている。

また、本開発は、“中途障害者など、多くの方が使えるような点字デバイスの開発”を基本方針にあ

げて開発を進めた。これは、視覚障害者が日常生活で切実に感じる不便性を点字デバイスでの解消するにあたっては、できるだけ多くの視覚障害者を対象としなければならないが、昨年度(平成 21 年度)開発した点字デバイスは、先天性の視覚障害者など、点字に慣れ親しんで繊細な触読能力を身に付けられている方々以外、触読が困難と評価されたからである。しかし、現在の高分子アクチュエータの実力では、圧電素子のような剛性は持ち合わせず、数多くの障害者が触読可能な数十gf以上の発生荷重を発生することは難しいとの判断から、今年度小型ラッチ機構の開発に取り組むことにした。

J. 結論

本開発(H22年度 厚生労働省 障害者自立支援機器等開発促進事業)に於いて、

1. 超小型ラッチ機構を新規開発し、触読性の良い点字デバイスを開発した。
 - ・ユーザー評価では、昨年度の課題(高発生力化、点字高さ/力のバラツキ)が大幅に改善されたこと、薄く小さく多行化が容易であることなどに、高い評価を頂いた。
 - ※但し、今後、メカ精度を向上させ動作安定化させる改善が必要
2. 高分子アクチュエータの耐久悪化主原因と影響因子をほぼ特定、改善施策を開発した。
 - ・本開発で、逆変位現象などの耐久性が7倍以上改善した。
3. 有機トランジスタドライバの低電圧大電流化に成功(蒸着製法)し、低コストなスクリーン印刷製法での低電圧・大電流化に着手した。
4. ユーザーは、“2行以上の点字デバイス”の早期商品化を切望していることが解った。
 - ・ユーザーは、家電やATMなど、液晶部分への点字デバイス化や、2～3行でも大きな効果がある多行点字デバイスの早期開発を希望

結論) 点字デバイス動作の安定化などに課題を有すが、総じて、今期目標である“来年度の開発に必要な要素技術開発”が達成できたものと判断した。

K. 健康危険情報

1. 開発者側

点字デバイスの駆動源となるナノカーボン高分子アクチュエータは、人体への安全性にリスクのあるナノカーボンなどのナノ材料や有機溶剤を使用する。当材料を扱う産業技術総合研究所とアルプス電気は、グローブボックス内での粉体作業や、有機ドラフト内での有機溶剤作業、手袋・マスクの着用などの防爆措置をとり、作業にあっている。尚、ナノカーボン材料は、アクチュエータ作製工程内で樹脂とコンポジット化されることで、人体への曝露リスクが著しく低減される。

2. 当事者側

- ・点字デバイスは、ナノ材料などの危険リスクのある物質がアクチュエータ素子の樹脂内で封止され、更にデバイス筐体によって封止されている為、特に分解などをしない限り外部には漏れ出ることはない。従って、点字デバイスの形態では、当事者に対してナノ材料などの被曝リスクは非常に小さいと判断される。
- ・当事者が点字デバイスを操作(触読など)することについての安全性の確認については、国立障害者リハビリテーションセンター病院 仲泊 聡先生に医師の立場からご評価頂き、特に危険性は確認されないと云うご見解を頂いている。

L. 成果に関する公表

1. ホームページ、刊行物等の紙面などでの発表

- ・“Thermal stability of organic thin-film transistors with self-assembled monolayer dielectrics”
平成 22 年出版 APPLIED PHYSICS LETTERS 社 APPLIED PHYSICS LETTERS
- ・“シート型点字ディスプレイ” 平成 22 年 12 月発行 シーエムシー出版 アクチュエータ

2. 展示会などでの発表

- ・厚生労働省 平成 22 年度 “障害者自立支援機器等開発促進事業における開発成果の一般公開” 平成 23 年 3 月 9 日 11:00～15:00 @厚生労働本省 2階講堂
- ・2010 年 第 71 回 応用物理学学会学術講演会 “SAM 絶縁膜有機 TFT とカーボンナノチューブアクチュエータ集積化による 4 V 駆動点字ディスプレイ” 平成 22 年 9 月 14 日～17 日 @長崎大学

3. プレス・その他

- ・J p 毎日 (H23, 3/9) : 新素材点字ディスプレイ
<http://mainichi.jp/universalon/report/archive/news/2011/20110309mog00m040021000c.html>
<http://video.mainichi.co.jp/viewvideo.aspx?Movie=48227968/48227968peevee376676.flv>
- ・J S T サイエンスチャンネル (H23, 6/26 放送) : オジギソウの動きに学ぶ高分子アクチュエーター
http://sc-smn.jst.go.jp/8/bangumi.asp?i_series_code=C106301&i_renban_code=005

M. 知的財産権の出願・登録状況

本プロジェクトによって、次の発明が生じた。現在、出願申請中、または出願準備中である。

1. 特許

- ・ナノカーボン高分子アクチュエータ関連で、6 件 出願申請中、 2 件 出願準備中
- ・点字デバイス関連で 3 件、出願準備中。

2. 実用新案

なし

3. その他

なし ※各研究開発機関で得られたノウハウは、各々でノウハウ登録等あり

L. 事業の継続中止について

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北大震災およびその被災ダメージは、当プロジェクトの主管企業であるアルプス電気とその事業環境に大きな影響を与え、当プロジェクト（事業）の継続が困難な状況となった。その為、当プロジェクトは平成 22 年度から 2 年間の開発計画であったが、厚生労働省に H23 年度の事業継続中止の申し入れを行った。

大変残念でありませんが、プロジェクト継続中止にあたり、これまで当プロジェクトにご協力頂きました数多くの方々に この場を借りて改めて深く感謝いたします。

以上

< 倫理審査申請書（実物） >

(ヒトを対象とする支援機器の実証試験) 倫理審査申請書（新規申請）		様式1 受付 番号
		2010年 10 月 25 日 提出
下記実証試験につき、倫理審査を申請いたします。		
研究課題	試作版点字ディスプレイの評価実験	
研究期間	倫理委員会承認以降平成 23 年3月 31 日まで	
試験の種類	<input type="checkbox"/> パイロット試験(予備的パイロット試験の場合のみチェック)	
研究組織		
研究代表者	氏名	中野 泰志 印
	(所属・職)	(慶應義塾大学経済学部・教授)
	連絡先	〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1 慶應義塾大学 日吉心理学教室 電話 045-566-1368 ファックス 045-566-1374 メール nakanoy@hc.cc.keio.ac.jp
実証試験研究実施機関・施設		
施設名	実験責任者	
(1) 慶應義塾大学 (施設内倫理審査 <input checked="" type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし)	氏名	中野 泰志
	所属・職	慶應義塾大学経済学部・教授
	連絡先	電話 045-566-1368 ファックス 045-566-1374 メール nakanoy@hc.cc.keio.ac.jp
対象者に関する事項		
全施設合計	対象者総数 30 名 うち、男性 15 名、女性 15 名 対象年齢層 20 歳～ 60 歳 対象とする障害の種類 視覚障害 対象者の実験参加期間 2 時間 実験の期間 2010 年 12 月 - 2011 年 3 月	
実験実施施設ごとの内訳		
(1) 慶應義塾大学	対象者総数 30 名 うち、男性 15 名、女性 15 名 対象年齢層 20 歳～ 60 歳 対象とする障害の種類 視覚障害 対象者の実験参加期間 2 時間 実験の期間 2010 年 12 月 - 2011 年 3 月	
添付書類		
<input checked="" type="checkbox"/> カバーシート (本様式) <input checked="" type="checkbox"/> 研究実施計画書 (様式2) <input checked="" type="checkbox"/> 対象者への説明文書 (様式3) <input checked="" type="checkbox"/> 対象者または代諾者の同意書 (様式4) <input type="checkbox"/> 対象者あての依頼状 (必要に応じて) <input type="checkbox"/> 質問紙調査を含む場合の質問紙 (質問紙調査を含む場合必須) <input type="checkbox"/> 対象者を機縁募集する場合の主治医等への依頼状、添付すべき資料 (宛先:) <input type="checkbox"/> 対象者を公募する場合に用いる広告・文書等 (内訳:) <input type="checkbox"/> 研究者が主治医等である場合に、インフォームドコンセントの取得のための説明者に対する依頼状、添付すべき資料 (内訳:)		

< 被験者への説明文書（実物） >

対象者として支援機器実証試験に参加するための説明文書

この実証試験研究について

1. 試験課題: 試作版点字ディスプレイの評価実験

2. 実証試験実施者

実証試験研究代表者: 鹿野義塾大学経済学部 教授 中野憲志

(電話: 045-966-1368, E-mail: nakano@c.c.kyjo.ac.jp)

分担研究者: 鹿野義塾大学自然科学研究教育センター 助教 新井哲也

3. 研究の場所と期間

この実証試験は、鹿野義塾大学日吉キャンパス第8校舎、または応募時にご指定いただいた施設において、全期間が2010年12月15日から2012年3月31日までにまたがる予定です。ただし、1名の対象者の方に参加していただく期間は、そのうちの1日です。

4. 実証試験の背景と目的

本プロジェクトでは、新しい点字機器として、薄型でB5程度の面積に点字を表示することのできる「電子点字図書」を開発しています。昨年度は本機の基礎技術として6マスの文字を表示できる薄型ディスプレイを開発しましたが、点の強さや応答速度などに課題がありました。そこで本年度は、改良を加えた上で新たな試作機を製作しました。本プロジェクトでは現在、この試作機を対象者の方に実際に使っていただき、評価をしていただく実証試験を計画しております。改良点を明確にし、更なる改良につなげることが試験の目的です。

5. 実証試験の方法

点字ディスプレイの試作機について、点字使用者の方による評価実験と、試作機に関するヒアリングを行います。

(1) 読書効率の評価実験

試作機に提示された単語をできるだけ速く、正確に読み上げる課題を行います。正確さと読みの速度をもって、本機を点字ディスプレイとして用いた際の読書効率を測定します。実験中は、音声記録とお手元のビデオ撮影をさせていただきます。この評価実験により、本機が実用に耐えられる水準に達しているかどうかを判断いたします。この実験の所要時間は最長で1時間を見込んでいます。

(2) ヒアリング調査

試作機に触っていただきながら、実験者からのいくつかの質問に答えていただきます。質問内容は、試作機の問題点に関するものであり、点の強さや高さの問題がないか、といったことをお尋ねします。ヒアリング中は音声記録をとらせていただきます。このヒアリング結果を、改良のための指針とさせていただきます。なお、ヒアリングの所要時間は最長で1時間を見込んでいます。

6. 研究に関する資料の開示について

あなたのご希望があれば、他の対象者の個人情報保護や研究の独創性の確保に支障がない範囲で、この研究の研究計画および研究方法についての資料を開示いたします。また、この研究に関するご質問がありましたらいつでも担当者にお尋ね下さい。

この研究への参加について

7. 研究への参加の任意性

本研究への参加は任意であり、研究内容の説明を理解した上で回答を辞退しても、あなたが不利益を被ることはありません。

いったん参加に同意した場合でも、いつでも不利益を受けることなく同意を撤回することができます。その場合、それまでに提供していただいたデータは廃棄され、それ以降はそれらの情報が研究のために用いられることもありません。ただし、同意を撤回したとき既に研究成果が論文などで公表されていた場合等、公表済みの成果は取り消せないこともあります。

8. この研究への参加をお願いする理由

本研究では、点字利用者の方に実際に試作機を使用していただき、改善点を明らかにすることを目的としています。したがって、日常で点字を利用している方へご協力をお願いしています。

9. この研究への参加を中断する場合

最長で2時間程度ご協力いただくことになるため、疲労や体調不良の生じる可能性があります。その場合には研究を中断し、ご希望の場合には慶應義塾大学内の保健管理センター、または、ご所属の勤務先や団体の併設・提携先医療機関へご案内します。

10. この実証試験への参加に伴う危害の可能性、有害事象発生の際の補償について

この研究への参加に伴い、疲労や体調不良の生じる可能性はありますが、健康被害等の危険や、痛み等の不快な状態、その他あなたに不利益となることが生じる可能性はありません。

11. 研究により期待される便益

この研究に参加することによって、あなたに直接的な便益はありませんが、研究成果は以下の点で今後の開発の発展に寄与すると考えられます。

- ・試作機の現状を把握することができ、改良の指針を立てることができる。
- ・点字利用者の方の意見を取り入れることで、より実用的な機器開発につながる。
- ・最終的な目標である「電子点字図書」の基礎データを得ることができる。

12. 個人情報の取り扱い

あなたのデータや個人情報は、この研究を遂行し、その後検証するために必要な範囲においてのみ利用いたします。この研究のために研究グループの外部にデータを提供する必要があった場合には改めて承諾をお願いします。

あなたの個人情報やデータが記された資料（実験の記録用紙、同意書）は、氏名の代わりにコードを付して匿名化した上で、鍵をかけて厳重に保管します。また、氏名とコードの対応表や実験データはコンピュータで管理しますが、情報漏れのないよう対策を十分に施したコンピュータを使用して、紛失、盗難のないよう管理します。具体的には、研究代表者の研究室にあるコンピュータに保管し、関係者以外が取り出すことのできないようパスワードをかけて保護します。なお、今後の評価実験のために再度ご協力をお願いすることがあるかもしれません。その際には個人情報を取り出し、ご連絡させていただく可能性があることをご了承ください。

このように、あなたの個人情報の取り扱いには十分配慮し、外部に漏れないよう厳重に管理を行います。上に述べたデータの管理ならびにご提出いただいた同意書は、慶應義塾大学の中野泰吉が責任をもって保管し、研究終了後、5年間保管した後に破棄いたします。5年間保管する理由は、対象者の方からの各種問い合わせに対応するためです。

13. 研究終了後の対応・研究成果の公表

この研究で得られた成果は、専門の学会や学術雑誌などに発表する可能性があります。発表する場合は対象者の方のプライバシーに慎重に配慮し、個人が特定できる情報が公表されることはありません。

また、あなたの個人情報はコードを付して匿名化した後、厳重に管理した上で保存し、その後は個人情報が漏れないようにした上で廃棄いたします。

14. 研究のための費用

平成 22 年度障害者自立支援機器等開発促進事業による補助金を費用に充てています。

15. 研究に伴う対象者謝金等

作業負担に相当する対象者謝金（1時間あたり 1000 円）、交通費等実費をお支払いします。

16. 知的財産権の帰属

この研究の成果により特許権等の知的財産権が生じる可能性があります。その権利は責任機関であるアルプス電気株式会社に帰属し、対象者の方には属しません。

問い合わせ先・苦情等の連絡先

この研究に関する問い合わせ先

〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1 慶応義塾大学 日吉心理学教室 中野 泰志
電話 045-566-1368 ファックス 045-566-1374 メール nakano@hc.cc.keio.ac.jp

この研究に関する苦情等の連絡先

厚生労働省 社会・援護局障害保健福祉部 企画課 自立支援振興室
障害者自立支援機器等開発促進事業 事務局 小野 栄一 様、滝澤 智史 様
(〒100-8916 東京都千代田区霞が関1-2-2 電話：03-5253-1111 (代表) (平日 18時まで))

以上の内容をよくお読みになってご理解いただき、この研究に参加することに同意される場合は、別紙の「研究への参加についての同意書」に署名し、日付を記入して担当者にお渡し下さい。

< 同意書(実物) ※本人実筆可能者用 >

同意書

実証試験代表者: 慶應義塾大学経済学部 教授 中野泰志 殿

試験課題: 試作版点字ディスプレイの評価実験

私は、研究計画名「試作版点字ディスプレイの評価実験」に関する以下の事項について説明を受けました。理解した項目については代筆者により□の中にレ印を入れてもらいました。

- 研究を実施する研究者 (説明文書 項目2)
- 研究の場所と期間 (説明文書 項目3)
- 研究の背景と目的 (説明文書 項目4)
- 研究の方法 (説明文書 項目5)
- 研究に関する資料の開示について (説明文書 項目6)
- 研究への参加が任意であること (研究への参加は任意であり、参加しないことで不利益な対応を受けないこと。また、いつでも同意を撤回でき、撤回しても何ら不利益を受けないこと。) (説明文書 項目7)
- 私がこの研究への参加を依頼された理由 (説明文書 項目8)
- この調査への参加を中断する場合 (説明文書 項目9)
- この試験への参加に伴う危害の可能性について (説明文書 項目10)
- 研究により期待される便益について (説明文書 項目11)
- 個人情報の取り扱い (参加者のプライバシーの保護に最大限配慮すること) (説明文書 項目12)
- 研究終了後の対応・研究成果の公表について (説明文書 項目13)
- 研究のための費用 (説明文書 項目14)
- 研究の参加に伴う参加者謝金等 (説明文書 項目15)
- 知的財産権の帰属 (説明文書 項目16)
- 問い合わせ先・苦情等の連絡先

なお、この実証試験において撮影・記録された私の映像 (静止画、動画)・音声の公開につきましては以下の□の中にレ印を入れて示しました。(説明文書 項目5)

- 公開に同意しない
- 研究者を対象とする学術目的に限り、下記条件の下に公開に同意する。
 - 顔部分など個人の同定可能な画像も含んで良い
 - 顔部分や眼部などを消去・ぼかすなど個人の同定不可能な状態に限る
 - その他 (特別な希望があれば、以下にご記入ください)

これらの事項について確認したうえで、参加者として研究に参加することに同意します。

平成23年2月14日

参加者署名



代筆者署名



(参加者との関係: 職場補助者)

団体立ち会い者署名



本研究に関する説明を行い、自由意思による同意が得られたことを確認します。

説明担当者 (所属・職名・氏名)

慶應義塾大学・助教

新井哲也

II—1

“ナノカーボン高分子アクチュエータの開発”
に関する報告

産業技術総合研究所

安積 欣志

杉野 卓司

(分担報告書)

ナノカーボン高分子アクチュエータの開発

に関する報告

安積欣志・杉野卓司

(産業技術総合研究所・健康工学研究部門)

1. はじめに：研究開発目的

本研究開発項目では、ナノカーボン高分子アクチュエータの耐久性向上(構造的/化学的変化の抑制)に必要な、材料改質(均一分散や化学的補強)、変質起因成分封止、駆動方法の工夫を行い、新開発する点字デバイスに好適な特性調整を行うことを目的とする。特に、実用的な点字デバイスを実現するために、アクチュエータの繰り返し使用における劣化、あるいは、一定電圧下の逆変位現象の問題について、機構の解明、および、その対策について詳細に調べ、ほぼ、解決策を得た。また、点字デバイス用アクチュエータとして、課題の保持力向上のための対策として、支持ポリマーの改良により発生力を大きくできる事を報告した。

2. ナノカーボン高分子アクチュエータと研究における問題点

ナノカーボン高分子アクチュエータの模式図を図1に示す。ナノカーボン/イオン液体/ベースポリマーからなる電極と同じイオン液体、ベースポリマーからなるイオン液体ゲル電解質からなり、2層の電極で電解質層をサンドイッチにした構造を有している。電極間に電圧を加えるとイオン液体ゲルのイオンがそれぞれの反対の極の電極層内に移動し、各々の電極層が伸縮し、その結果、3層の素子が屈曲変形するのが、このアクチュエータ素子の基本動作である(図2)。駆動のメカニズムとして、これまではそれぞれの層に反対の電荷のイオンが移動し、その体積差が電極層の伸縮量の差になると考え

てきた。この考え方については、間違っているとはいえないが、素子の劣化等を議論する場合に、この考え方では、不十分な事が分かってきた。

実用的な点字ディスプレイを実現するためには、一定電圧下において、点字が長時間安定に保持される必要がある。そのために、アクチュエータが屈曲して、点字を表示した状態を保持し続ける必要があるが、その開発の上で、アクチュエータが、反対に曲がり始める逆変位現象が生じることが分かった。また、繰り返し使用していると、素子が劣化し、動作が悪くなっていく事も分かった。以上の逆変位現象、および劣化現象を本研究開発項目では、以下の大きく3個の観点から、精査し、逆変位現象、劣化現象のメカニズムを解明し、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
- ② 電極反応の観点から検証し改良
- ③ 電極の構造的要因の検証

さらに、アクチュエータにおける支持ポリマーの改良により、本アクチュエータの点字ディスプレイ応用への課題である、発生力向上が可能である事を確認した。

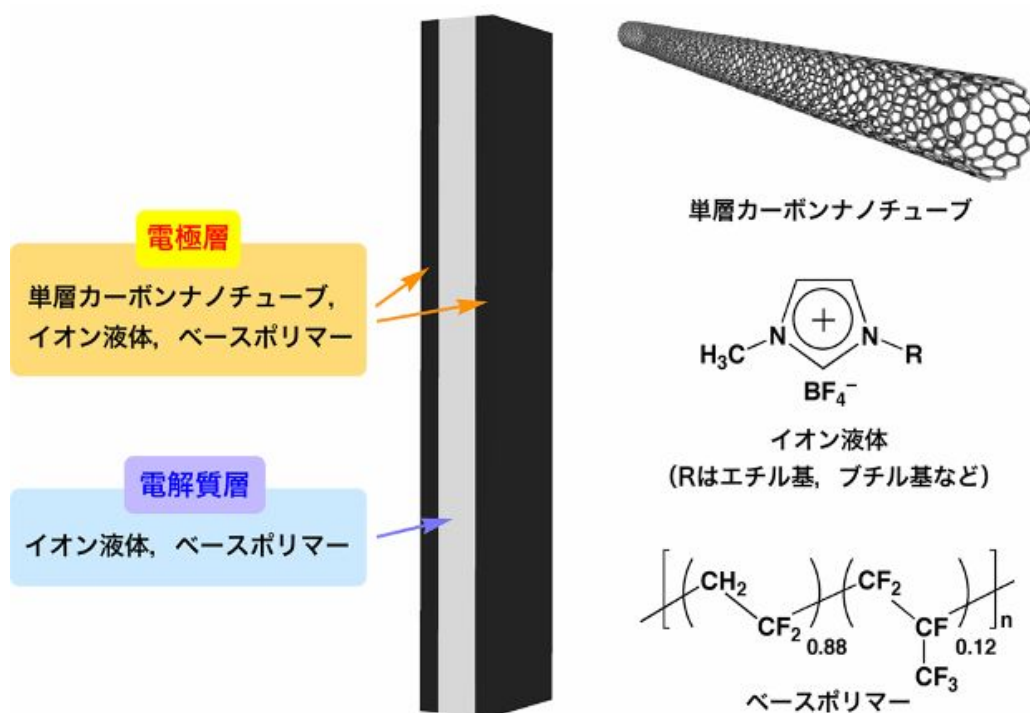


図1 ナノカーボン高分子アクチュエータ構成模式図

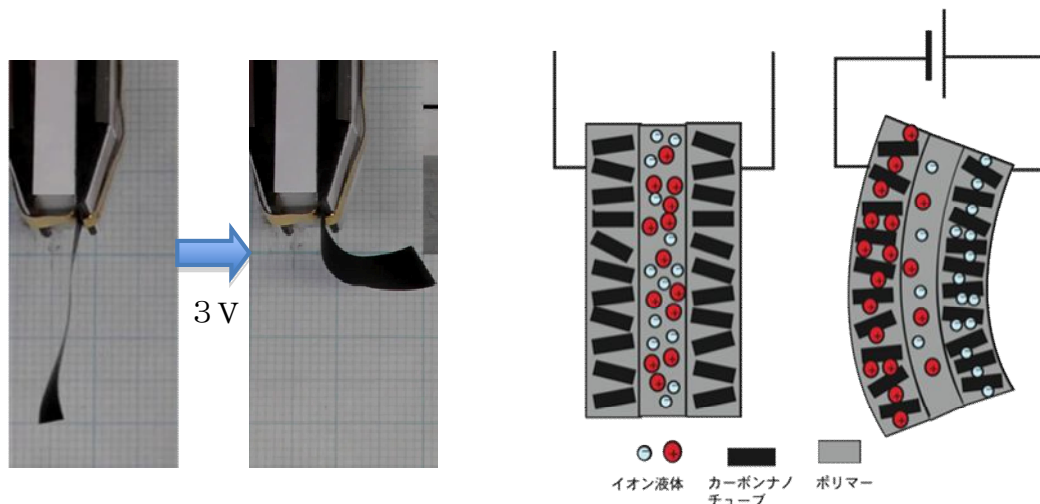


図2 ナノカーボン高分子アクチュエータの基本動作 (左). 電圧を加えた際に、イオンがそれぞれの電極層に移動して、電極層が伸縮することにより屈曲応答する高分子アクチュエータ応答モデル模式図 (右)

3. 研究開発方法

ここでは、本項目に共通する開発方法について記載する。アクチュエータ素子の一般的な作製法の模式図を図3に示す。必要な材料を溶媒に分散させた分散液を、テフロンなどの型に流し込み溶媒を蒸発させることによって、電極層、電解質層のフィルムを形成し、それぞれのフィルムを熱プレスで成形することでアクチュエータ素子を作製する。このようにして作製したアクチュエータ素子を必要なサイズに切り込み、点字ディスプレイ用の電極に組込むことで、点字ディスプレイを作製可能である。

具体的に本開発では、以下の様なアクチュエータを作製し、逆変位現象、劣化現象の評価、対策の検討を行った。

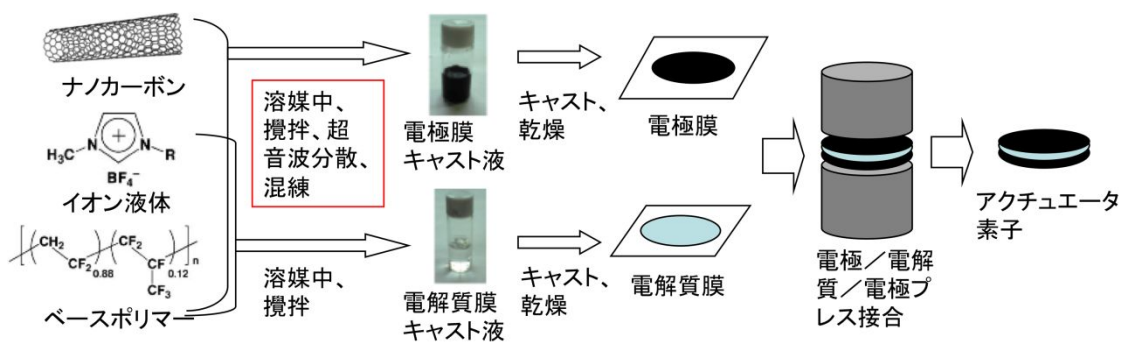
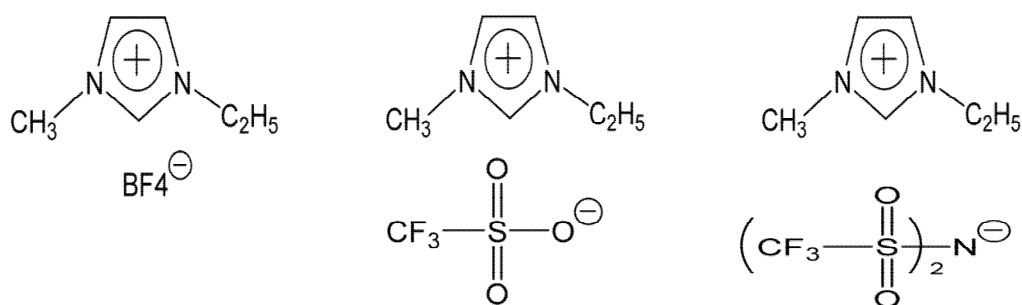


図3 ナノカーボン高分子アクチュエータの作製法模式図

1) 電極液の調製

50mgの単層カーボンナノチューブ (HiPco™, Unidym社) (以下CNTと略す)、(7章の素子においては、50mgのポリアニリン微粒子 (Aldrich社(20 wt% polyaniline on carbon black)) を添加)、80mgのベースポリマー、ポリフッ化ビニリデン (ヘキサフルオロプロピレン) 共重合体 (PVDF (HFP))

(Kynar2801, Arkema社)、イオン液体 (EMIBF₄120mg (7章の素子においては240mg)、あるいはEMITFS 240mg: 各イオン液体については図4を参照) を9mLの溶媒(ジメチルアセトアミド(DMAC))に添加し、得られた溶液を室温で攪拌(全工程で4日間)、超音波(全工程で2日間)にて分散することにより、粘性のある電極液を得た。



1-エチル-3-メチルイ ミダゾリウム(EMI) テト ラフルオロボレート (BF ₄)	EMI トリフルオロ スルホン酸(TFS) 導電率: 9.29mS/cm 粘度: 42.7cP@25°C 融点: -10°C	EMI トリフルオス ルフォニルイミド (TFSI) 導電率: 9.29mS/cm 粘度: 42.7cP@25°C 融点: -10°C
導電率: 13.6mS/cm 粘度: 31.8cP@25°C 融点: 14.6°C		

図4 用いたイオン液体の分子構造と代表的特性

2) キャスト (電極膜の作成)

上記で得られた電極液を2.5cmx2.5cmのテフロン型中にキャストし、溶媒を乾燥すると黒色のCNT、導電性添加物、イオン液体、ベースポリマーからなる自立した電極膜が得られた。膜厚は、キャスト量により調節した。

3) 電解質液の調製

100mgのEMIBF₄、あるいは131mgのEMITFSと100mgのPVDF(HFP)をメチルペンタノン (MP) とプロピレンカーボネート (PC) の混合溶媒に入れ、加熱、攪拌 (1日) することにより、無色透明な電解質液を得た。

4) キャスト(電解質膜の作成)

2.5cmx2.5cmのアルミ型中に電解質液をキャストし、溶媒を乾燥させることにより、膜厚10~20 μ mで半透明な自立した電解質膜を得た。

5) アクチュエータ(三層)素子の作製

上記4) で得られる電解質膜を2) で得られる電極膜2枚で挟み、加熱(70 $^{\circ}$ C) プレス(プレス圧=270MPa)することにより、三層構造のアクチュエータ素子を作成した。これを、所望の形状に切出し変位、発生力を測定した。

試料評価法

アクチュエータの変形量は変位を測定することで行った。アクチュエータ試料片を幅2mm、長さ10mmに切り取り、5mmを金電極で押さえ、電圧を印加した。4mmの位置にレーザーを当てて、レーザー変位計により変位を測定した。その際の電圧、電流も同時に測定した。

電圧を加えた際、アクチュエータ素子はプラス極側へ変形する。そのまま、電圧をかけ続けると、マイナス極側へゆっくりと曲がり始める。長時間放置すると、中立点を超して、マイナス極側へ戻る場合もある(逆変位現象)。その様子をレーザー変位計で測定したものを図5に示す。さらに、この評価のあと、再び、電圧を加えて評価すると、変形応答が小さくなる(劣化現象)。本開発項目では、この問題の原因を調べ、対策法を呈示した。

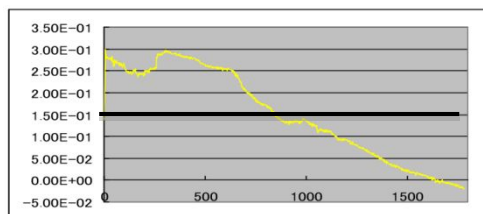


図5 標準のアクチュエータに2Vの電圧を印加し続けた時の変位の時間変化。逆変位現象が観測される。

4. 変形メカニズムの観点から検証し改良

逆変位現象は、空中駆動させる際の大気中の水の影響や素子中に内包されるイオン液体の分解等などの要因でも起こりうる可能性もあるが、そもそも、

開発しているアクチュエータの変形メカニズム的に変位の戻りや逆変位応答が起こりうる可能性もある。アクチュエータ素子の主な変形メカニズムとそのメカニズムによる電極膜の伸縮方向を以下に示した。これらのうち、電極の極性あるいはイオンの移動する方向により電極膜の伸び縮みの方向が変化するのは、①、②のメカニズムが関係していることが分かる。そこで、以後の実験では主に、①、②のメカニズムの関与について議論する。

<アクチュエータの主な変形メカニズム>

① 電気的なチャージによる炭素-炭素結合の伸縮

+にチャージした電極（縮）、-にチャージした電極（伸）

② イオンの排除体積効果

チャージ時：いずれの電極も（伸）、ディスチャージ時：いずれの電極も（縮）

③ イオンの静電反発：いずれの電極も（伸）

図6のように電極膜あるいは電解質膜からイオン液体を除去あるいは添加量を調整した6種類の三層構造アクチュエータ素子を作成し、その変形応答を調べた。以下に各素子の変形を誘起する主な要因を示す。

ACT 素子 1：メカニズム①+②（チャージ、ディスチャージ両方）<基準膜>

ACT 素子 2：メカニズム①+②（ディスチャージが優先）

ACT 素子 3：メカニズム②（チャージが優先）

ACT 素子 4：コントロール（イオンの移動無）

ACT 素子 5：メカニズム①+②（ディスチャージが優先）

ACT 素子 6：メカニズム①+②（ディスチャージ多いがチャージも影響）

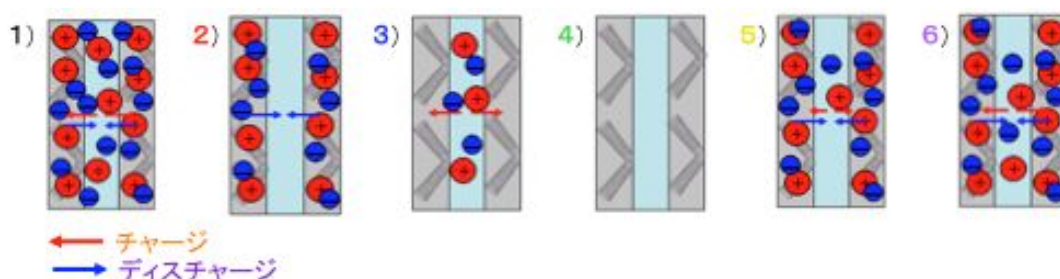


図6 素子の設計：イオンの流れを規制した素子の作製

以上、6素子に+2.0Vの定常電圧を印加した時の電流変化及び変位変化

を図 7 に示した。図 7-1) を見ると、電極膜及び電解質膜、いずれにも、イオン液体が多く含まれる場合 (ACT 素子 1) は、電圧印加後、直ちに＋方向 (順方向) 変形するが、その後、一定電圧をかけ続けると、次第に変位量が減少し、電圧印加開始から 860 秒で電圧印加前の原点まで戻り、さらに、電圧を印加したままにしておくと、電圧印加直後に屈曲変形した方向とは逆の方向 (－方向) に変形が見られた。

これに対し、電解質膜からイオン液体を取り除いた、ACT 素子 2 では、同様に +2.0V の電圧を印加し続けると、順方向に大きく動いた後、若干変位が戻るものの、2 時間 (8000 秒) たっても変位は安定し、それ以上の変位の戻りは見られなかった。その他の特徴としては、この素子 2 は最大変位が素子 1 に比べ、2 倍程度となり大きな変位が見られた。ただし、最大変位点に達するまでの時間は遅い。素子 2 とは逆に三層構造の真ん中にある電解質膜にイオン液体を含まない ACT 素子 3 では、素子 1、素子 2 とは全く異なり、+2.0V の電圧を印加すると、変位量は小さいものの、素子 1、素子 2 の変形方向と逆方向 (逆変位) に変形した。この素子に周波数 0.1 Hz の交流電圧 (± 2.0 V) を印加した場合の電流変化を素子 2 の同条件での電流変化と比較すると、素子 2 よりも素子 3 のほうが電流は 3～4 倍程度、効率よく流れることも分かった。電極膜および電解質膜、いずれにも、イオン液体が含まれていない素子 4 では、どの層にもイオン液体がないためか、+2.0V の一定電流を長時間印加しても、ほとんど変位は見られなかった。このことから、当研究開発の ACT の変形には、イオンの移動が必要であることがわかる。では、イオンの量により、アクチュエータの変形応答はどう変わるのだろうか？それを確認するため、素子 2 の真ん中の電解質膜中にイオン液体を電解質膜中の支持高分子 (PVDF(HFP)) に対して 1 wt%、10 wt% と添加するイオン液体の量を増やして、変形応答に及ぼす影響を調べた。なお、通常の素子 (素子 1) ではイオン液体は支持高分子に対して同量、すなわち、50 wt% 添加されている。それぞれの結果を図 7-5)、図 7-6) に示した。これらの結果から、電解質膜中のイオン液体量を増やしていくと、最大変位点に達するまでの時間が、より速くなることが分かる。しかし、電解質膜中のイオン液体量を 10 wt% まで増やすと、最大変位により短い時間で達する反面、その後、+2.0V を印加した場合の素子変形の順方向とは逆方向に変位し、変位の戻り現象が見られた。さらに、2 時間

程度、+2.0V を印加し続けたが、素子の原点（ゼロ点）を通り越して、逆変位するまでには至らなかった。

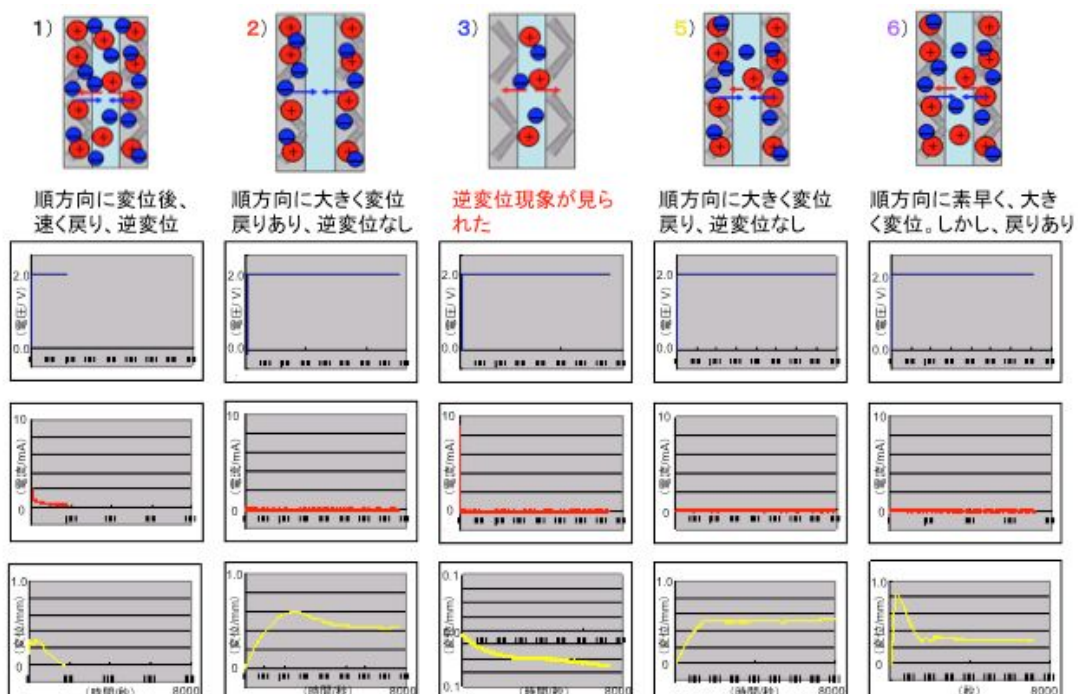


図7 アクチュエータ素子の構成と一定電圧印加時の変形応答

以上の結果から、CNT の炭素-炭素結合の伸縮現象は順方向の変位を誘起し、イオンの排除体積効果により、逆変位が誘起されることが示唆された。特に、素子3で逆変位現象が見られ、素子5、6で電解質膜中のイオン液体量を増やしていくと、素子6では変位の戻り現象が見られたことから、電解質膜から電極膜にイオンが移動してチャージされることにより、メカニズム的に戻り現象あるいは逆変位応答が発現するものと考えられる。

以上の実験から、先に述べたように電解質膜と電極膜界面でのイオンの移動が変位の戻り現象や逆変位応答を誘起しているものと考えられることから、この界面の修飾を考えた。外部環境の水の影響を遮蔽するという観点からも油脂による界面の修飾を試みた。具体的には、電極膜の電解質膜と接触する面に極少量の油脂を塗布し、電解質膜と加熱圧着（当研究開発 ACT 素子の通常の三層構造素子作成のプロセスと同様）することにより、界面を油脂で保護した ACT 素子を作成した（ACT 素子7）。電極膜および電解質膜

各膜中には、イオン液体量を素子1と同量添加した。素子7に+2.0Vの一定電圧を長時間印加した場合の変位応答変化を図8に示した。素子7に周波数0.1Hzの交流電圧(±2.0V)を印加した場合、油脂層を塗布していない素子1と、ほぼ同様の速

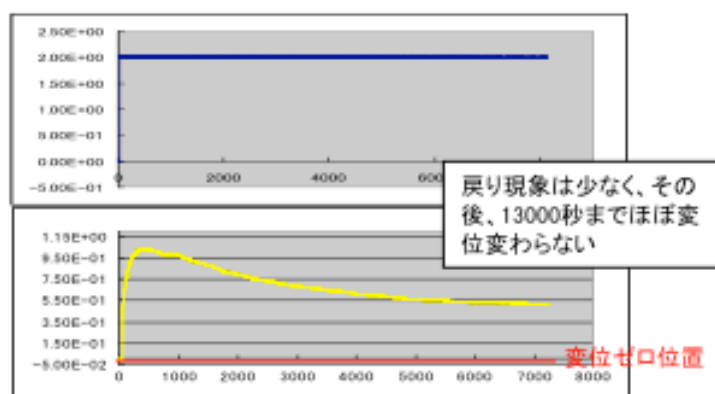


図8 逆変位現象の改善に対する、電極/電解質界面油脂層形成によるイオン移動制御の効果

い変位応答が見られた。そればかりか、素子1や素子6に比べ変位の戻り現象も小さく、高速の応答を保持したまま、長時間の電圧印加でも逆変位応答しないACT素子を提供できる可能性が明らかになった。

5. 電極反応の観点から検証し改良

本アクチュエータは、初めに述べた様に、電圧を加えた際に、電極に反対の電荷を持ったイオンが、電気二重層を形成するために移動し、その体積変化により、電極層が膨潤、収縮することにより、変形すると考えられる。しかしながら、逆変位現象などの複雑な変化は、上記の様な単なる、電気二重層充電のみでなく、電極における電気化学反応によって、体積変化が生じていることによって、応答が複雑になっている事も考えられる。通常、本アクチュエータの駆動電圧は、イオン液体が分解しない範囲の電圧に定められており、通常は、イオン液体が分解反応をおこしているとは考えにくい。大気中の水分、あるいは酸素等が、何らかの形で反応に関与している可能性は大きく、例えば、活性炭を電極に用いた電気二重層キャパシターでも、水分、酸素の関与で、含まれる溶媒であるプロピレンカーボネイトの分解反応が報告されている。そこで、本開発では、逆変位現象への空気中の水分、酸素の寄与を調べるため、水分、酸素を除去したドライボックス中で、原材料の保存、試料の作製、およびレーザー変位計による評価を進めた。また、カーボンナノチューブ表面の官能基の影響を調べるため、CNTを熱処理したもので、アクチュエータを作製し、評価した。また、帝人株式会社から提供され

たメソフェーズピッチカーボンナノファイバー (CNF)、および CNF をアルカリで賦活処理を行い、比表面積を大きくしたもの(ACNF)を用いて、アクチュエータを作製し、評価した。

5-1. GB 中、および空気中での作製、評価した結果

図 9 は、アクチュエータ素子を 2V の直流電圧で駆動し、駆動した直後からの変位の時間変化を表したものである。いずれの素子も、最初にプラス側に曲がり、その後、マイナス側にゆっくりと戻ってくる現象がみられる。空気中と表示したものは、空気中で作製し、空気中で測定したもので、時間の経過とともにマイナス極側まで曲がる。一方、ドライボックスの中の、非水、脱酸素の環境の中で、試料作製、評価を行ったものは、この傾向が大幅に改善され、逆変位現象はみられるものの、マイナス極側までの変位はなくなっている。

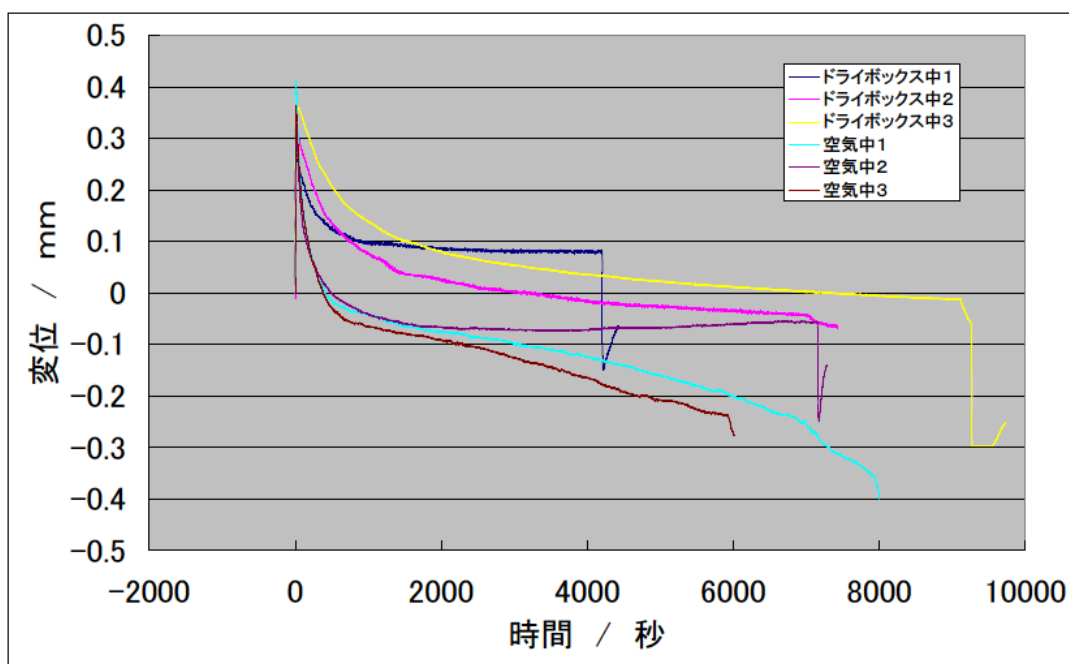


図 9 ナノカーボン高分子アクチュエータのドライボックス中と大気中で作製、変位測定した比較

5-2. CNT 表面の官能基の影響

CNT 表面に合成の過程、あるいは空気中の酸素や水に由来する、酸素原

子を含んだ官能基がたくさん存在することが知られている。その官能基が触媒となって、イオン液体等の電極反応を誘起し、逆変位現象を生じさせることも考えられる。ここでは、酸素官能基を除去することを目的とした CNT の水素還元、窒素処理、および酸素官能基を付加することを目的とした CNT のオゾン酸化を行い、その CNT でアクチュエータを作製して、評価し、表面官能基の影響を調べた。その結果、本アクチュエータ逆変位現象の改善のためには、CNT 表目の改質は、あまり効果がない事が分かった。

5-3. CNF, ACNF を電極に用いたアクチュエータ

電極材として、CNT を用いず、CNF あるいは、ACNF、およびその混合材を用い、アクチュエータを作製して評価した。その際、空気中で作製、評価したものと、ドライボックス(DB)中で作製、評価したものを比較した。

図 10 に、ACNF を電極材として用いた場合のアクチュエータに 3V の直流電圧を加えた場合の、空気中と DB 中の結果である。空気中での結果は、CNT のものと同様、逆変位現象がみられる。一方、ACNF のものは、逆変位現象がほとんどなく、電圧を印加している 4000 秒、2 回目の印加では 10000 秒の間、ほぼ完全に初期の変位を維持した。図 11 は同様の実験を 2V で行った場合であるが、こちらの場合、DB 中、空気中とも、逆変位現象がみられるが、CNT を電極にした場合より、大きい改善がみられる。一方、図 12 は ACNF 電極アクチュエータに 3V の直流評価を行った前後の、交流方形波 2.5V, 100mHz を印加した時の変位測定結果である。DB 中では、直流測定後に変位が少しずつ減少していくのが分かる。一方、空気中では、直流測定後は、ほとんど変形しなくなる。一方、図 13 に示す様に 2V の直流測定の前後で同様の測定を行った場合、ほとんど変化はない。

次に、同様の測定を ACNF と CNF の割合をかえて電極を作製し、DB 中で 3V の直流で測定を行った。すべての場合で基本的には、ACNF 電極と同様の結果であったが、CNF を加える程、変形応答は小さくなっていった。

以上から、CNF に賦活処理を行った電極を用い、駆動電圧を選ぶことで、大きく逆変位現象の改善、および、素子劣化の改善が可能であることがわかった。

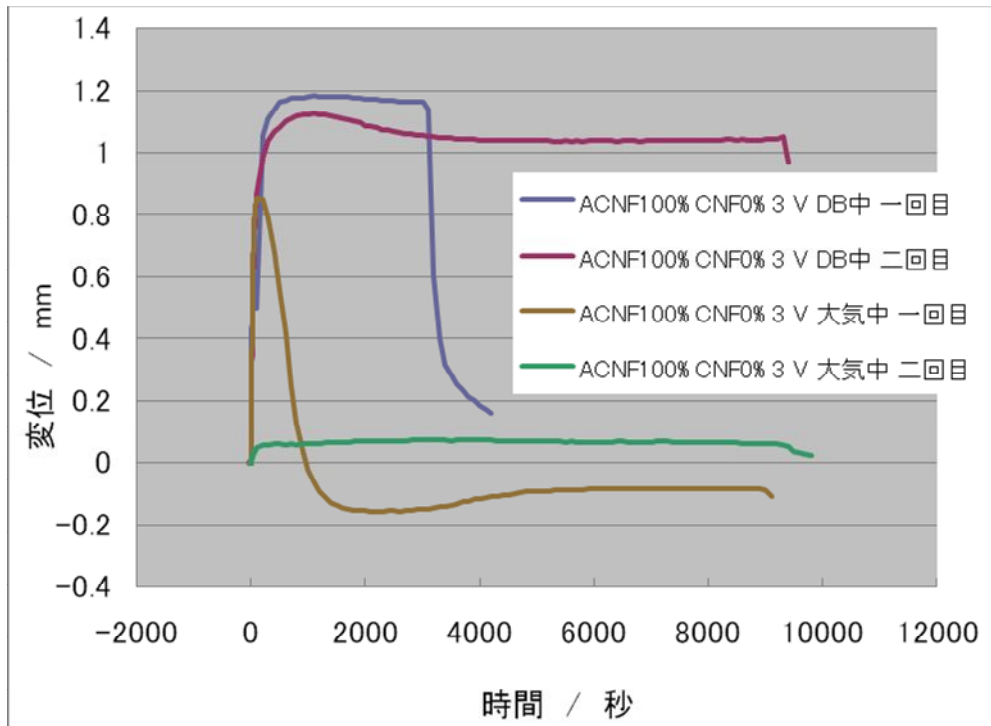


図 10 ACNF 電極ナノカーボンアクチュエータに 3V の直流電圧を印加した時の変位の時間変化

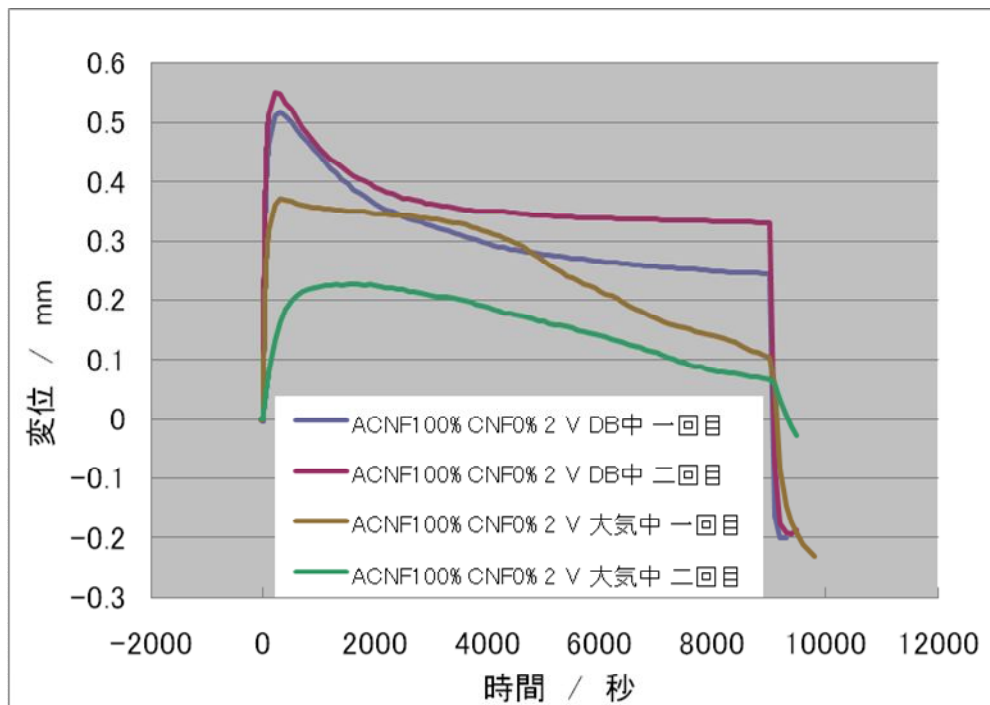


図 11 ACNF 電極ナノカーボンアクチュエータに 2V の直流電圧を印加した時の変位の時間変化

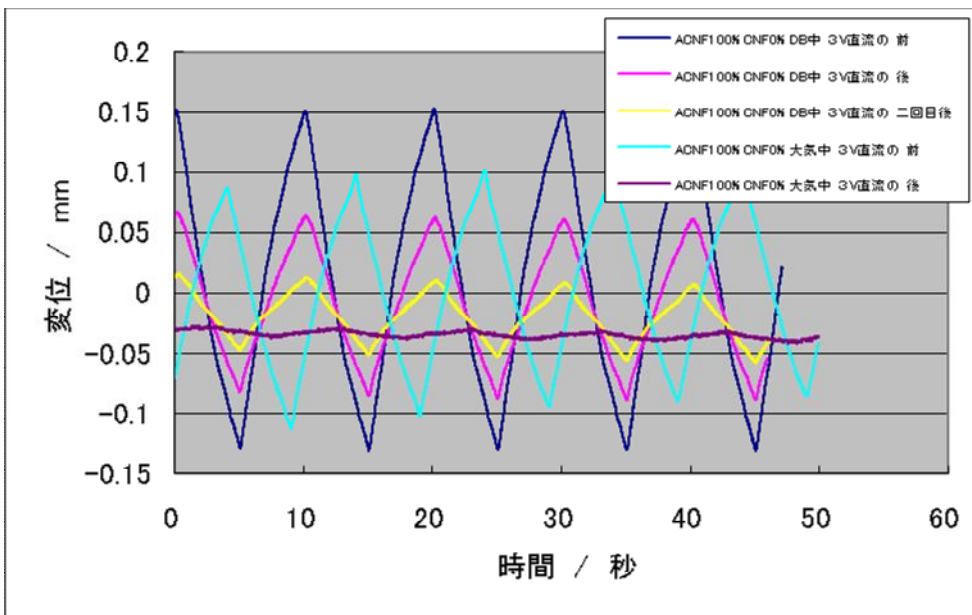


図 1 2 ACNF ナノカーボン高分子アクチュエータの 3 V 直流電圧測定前後の交流測定結果

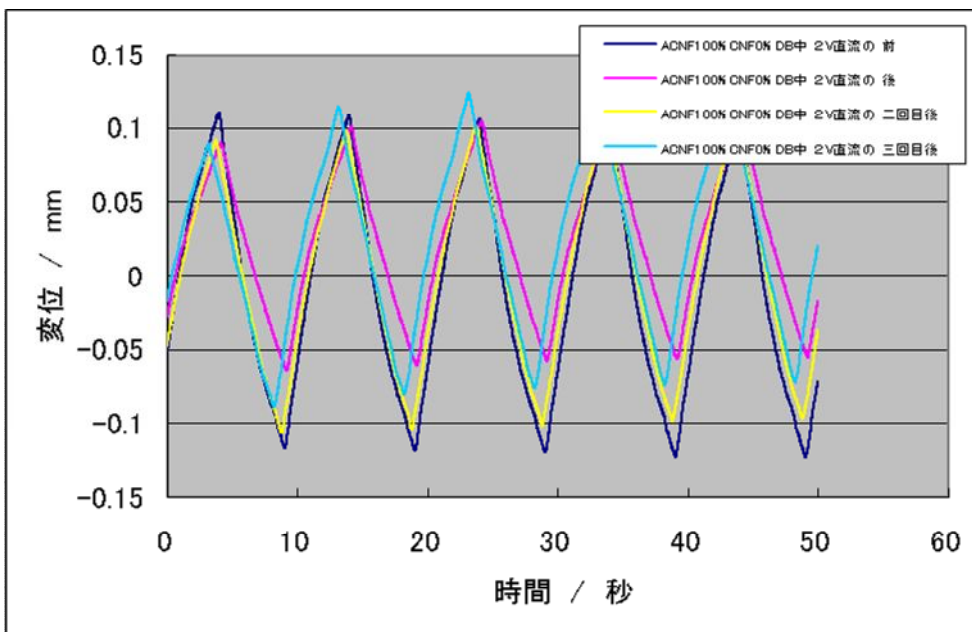


図 1 3 ACNF ナノカーボン高分子アクチュエータの 2V 直流電圧測定前後の交流測定結果

6. 電極の構造的要因の検証

素子の劣化現象の要因として、繰り返し使用による電極の機械的な構造破壊という可能性がある。その可能性を検証するため、走査型電子顕微鏡 (SEM)、あるいは原子力間顕微鏡 (AFM) で調べた結果について述べる。

通常、当研究開発の ACT 電極を SEM 観察すると、図 14 に示すような、1 本 1 本の CNT が複数本より合わさってできるバンドルが絡み合った三次元的な網の目構造が見られる。同様の ACT 電極膜を AFM により観察すると図 15-a) の様な凹凸像が得られた。図 14 の SEM 像と同様に、CNT のバンドルがより合わさったような構造が見られる。図 15-a) と同じ視野を、電極膜にバイアス電圧を印加して、その時、電極膜を通して探針に流れる電流を測定した (図 15-b)。図 15-a) と b) を比較すると、a) でより黄色く (高く) ひも状により合わさって見える部分が、b) でもより抵抗が低く電気が流れていることが分かった。さらに、得られた電流分布像 (b) から画像解析により、電極膜中でより導電率の高い部分と低い部分をマッピング (図 15-c) し (より導電率の高い部分を赤で表示)、導電性の高い部分の占有率を算出した。その占有率は 52.79% であった。

上記で述べたように、SEM に比べ、AFM は試料と探針を接触させて観測できるので、直接 ACT 電極に流れる電流像を調べることができる。しかしながら、一般的に SEM に比べ高額である。また、試料に直接、探針が触れるため、柔らかい試料では、うまく測定できない。また、探針の先端の構造や組成によって、同じ試料でも、かなり異なった結果が得られるため、最適な測定条件を見つけるのが難しい。我々の ACT 電極中には、重量比で 30% 程度の支持高分子と 50% 程度のイオン液体が含まれており、金属やセラミックスの試料に比べ、比較的柔らかい。そのような場合、非接触で電子線を試料にあてることにより形状を観察できる SEM が有効な測定手段となりうる。今回、プロジェクトで購入した SEM では従来の SEM に電圧印加装置を改造、装備することにより、表面の凹凸情報だけでなく、電子線により励起された試料表面の内部起電力像 (電流分布) を非接触で調べることが可能である。そこで、この改造 SEM を用いて、ACT 電極を評価した。図 16 にその結果を示した。様々な測定条件を検討した結果、加速電圧 30 kV、ビーム系を拡げることにより、ACT 素子の電極膜の内部起電力像が観察可能であることが分かった。図 16-a) が通常の SEM (二次電子) 像で、図 16-b) が

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。

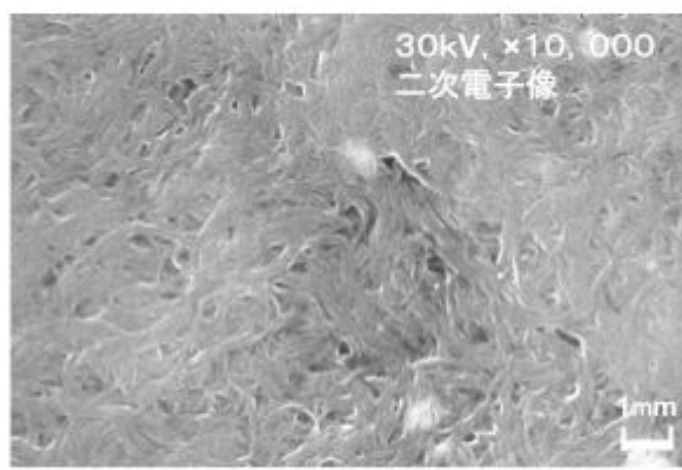


図 1 4 SEM による電極膜の表面形状像

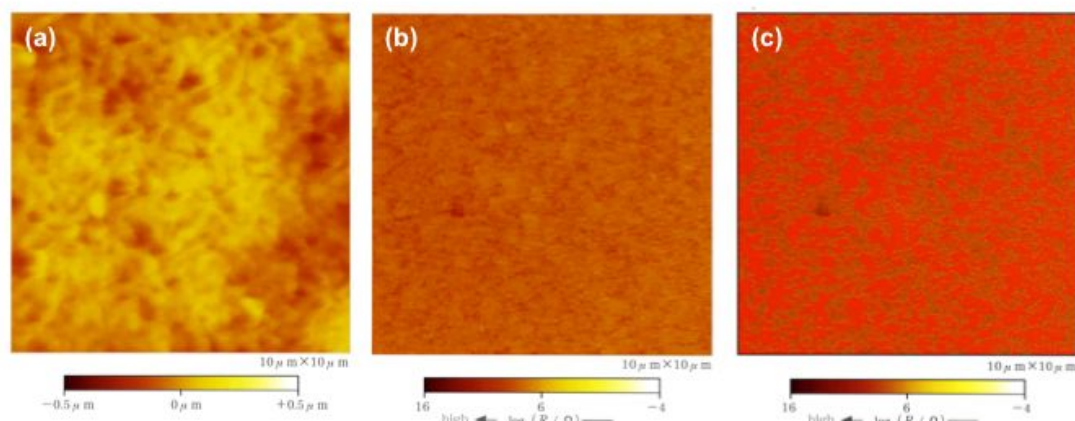


図 1 5 AFM による表面形状像(a)、拡がり抵抗像(b)、低抵抗領域のマッピング像(c)

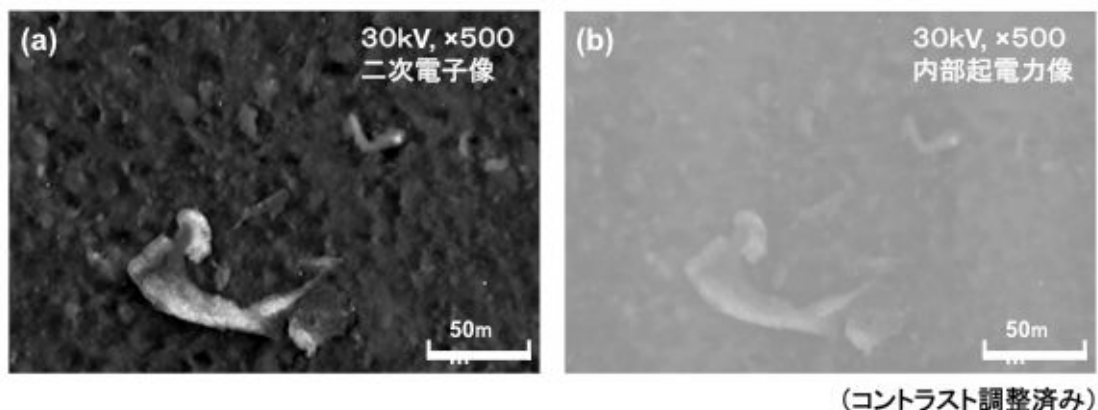


図 1 6 SEM による二次電子像(a)と内部起電力像(b)

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)。

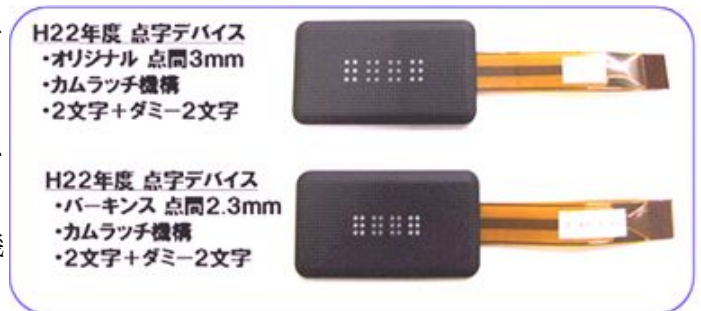


図1.1 点字デバイス1st試作機(2文字)

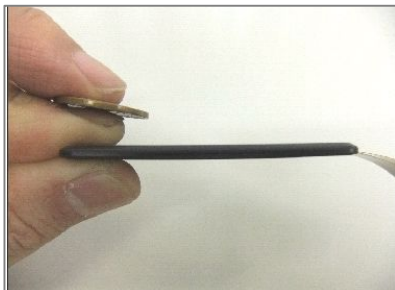


図1.2 点字デバイス1st試作機(側面)



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。

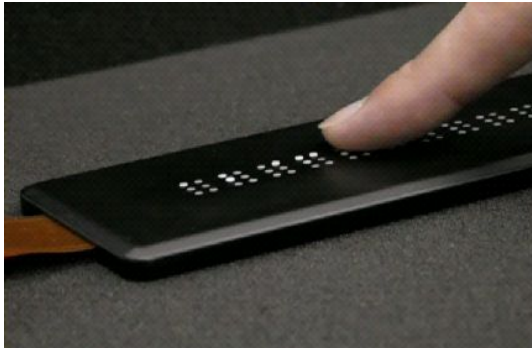


図2.3 点字デバイス2nd試作機 触読イメージ

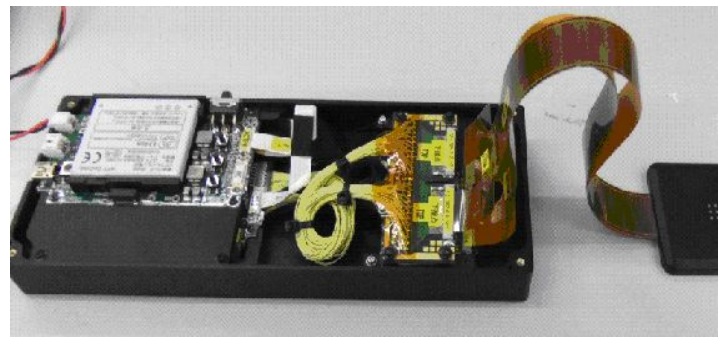


図2.4 点字デバイス2nd試作機 ドライバー(内部)

※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。

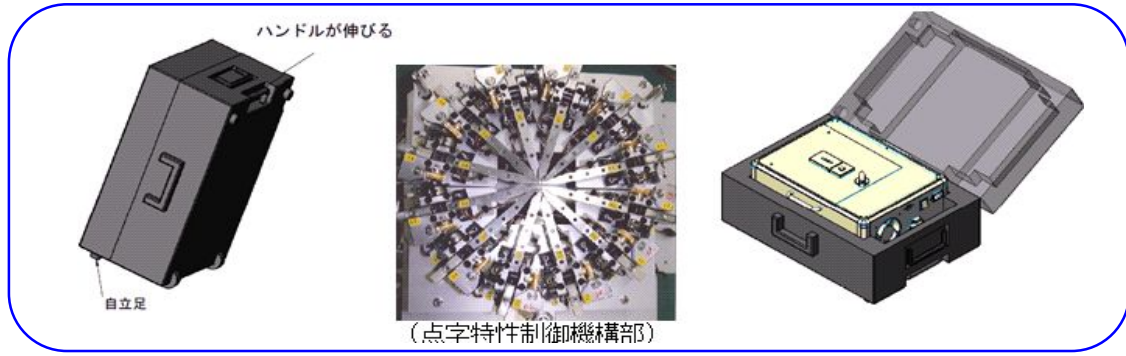


図4. 触覚特性評価装置

※ 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

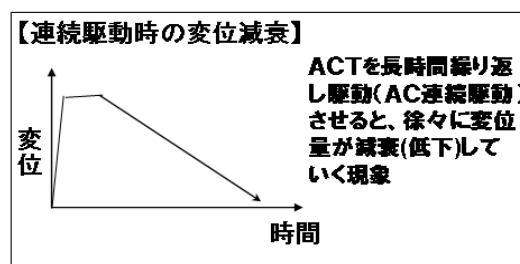


図5-2 変位減衰の説明

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。

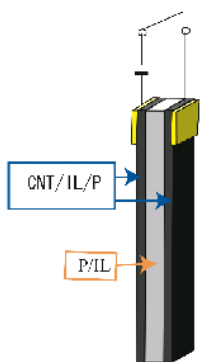


図6.1 外観

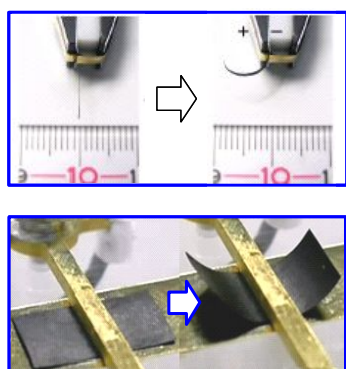


図6.2 アクチュエータの変位

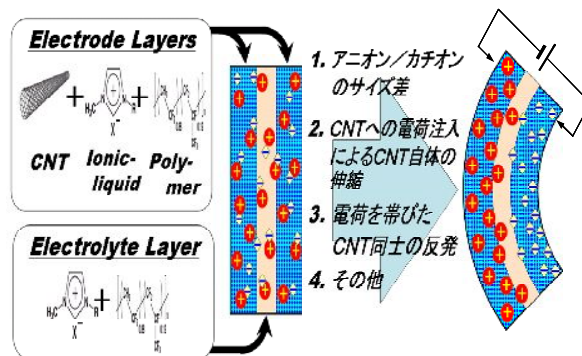


図6.3 アクチュエータの構造と動作原理

②ドライ環境に於ける逆変位現象の改善

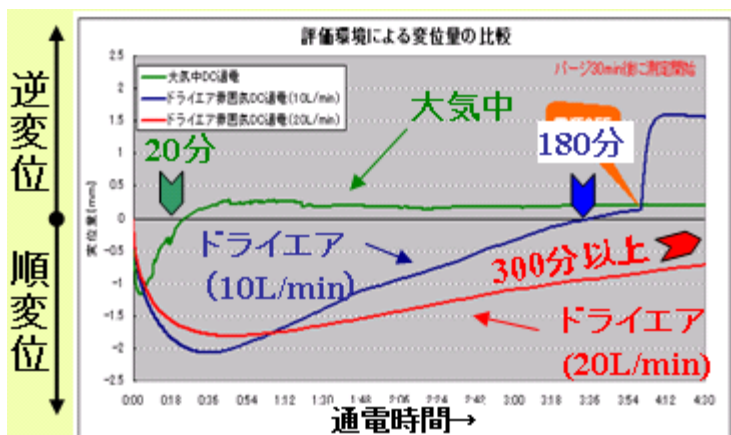


図7.1 動作環境の違いによる逆変位現象の変化

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。

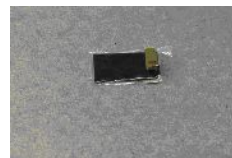
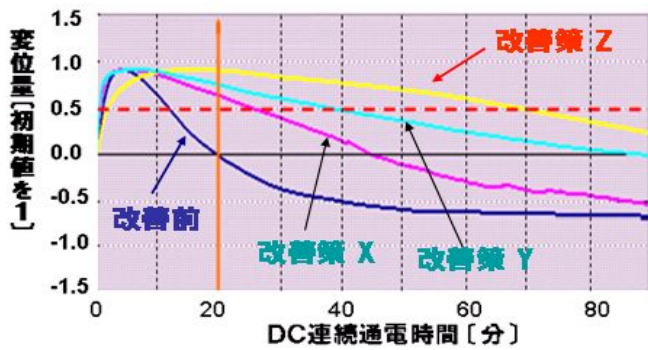
③代表的改善結果

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)

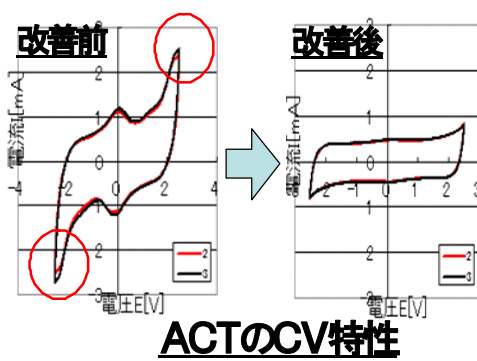
図7.2に示すとおり、封止によって逆変位現象が改善されていることが解る。



←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

ACTのCV特性

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。

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。

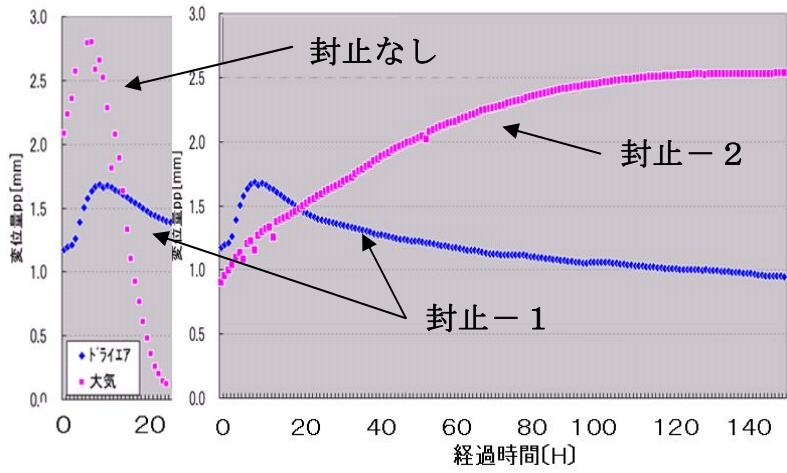


図7.4 封止による繰り返し耐久性の変化

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。

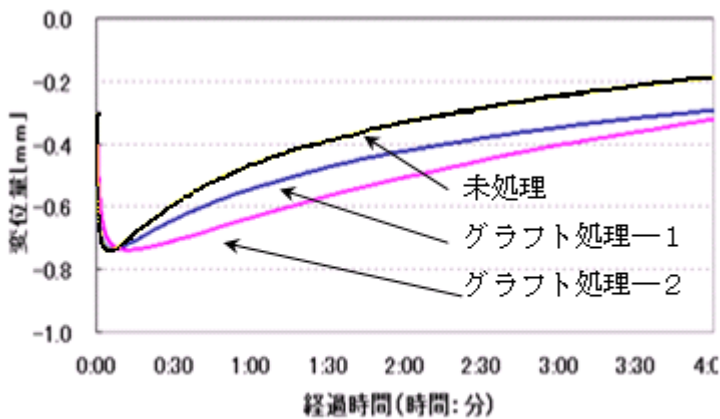


図7.5 グラフト処理による逆変位現象の変化

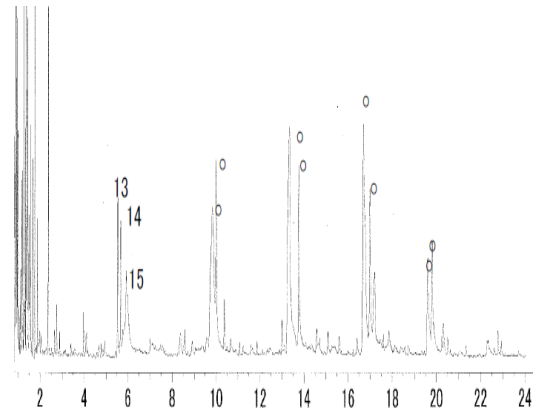


図7.6 グラフトポリマ GC-MAS分析性

2. 点字デバイスの開発

小さく(W1.4~2mm × L5~7mm × D 0.2~0.3mm)発生力の弱い高分子アクチュエータで駆動できる点字デバイス用小型ラッチ機構を開発し、高発生力で点字高さや発生力が安定した 1st 試作機(2文字)と2nd試作機(12文字)の2種類の点字デバイスを実現した(上記 図1、図2、下記 図8)。ラッチ機構については、様々の構造案の検討し、パーキンスにも対応可能で且つ組み込み調整がし易い“アクチュエータ水平配置・上下変位の回転カム型”に決定し開発を行った。

このラッチ機構開発(幾つかの原理試作機 1st試作機~2nd試作機で評価検証)で、来年度予定の多行多列の点字デバイスである電子点字図書の開発に必要な要素技術が得られ、そして、来年度の取り組み課題の明確化ができた。

尚、今年度に試作した点字デバイス1st機、2nd機はラッチ機構の検証を主目的としているため、機構調整やアクチュエータ交換作業の容易化の為に、全体的に形状がかなり(数十%程度以上)大型となっている。

	ダイレクト型 (H21)	ラッチ型 (H22)	
			
発生力	3~7gf	100gf以上	
点字高さ	突出量	0.35~0.40mm	0.30~0.34mm
	荷重時の変化量(最大)	1gf:0.05~0.20mm 3gf:0.15~0.40mm	≦0.02mm

図8. 1 ラッチ機構搭載による点字デバイス特性改善

最終成果物

- ・12文字点字デバイス試作品 本体 ×3台
- ・駆動用ドライバー ×2台



図8.2 点字デバイス 2nd試作機

①開発したラッチ機構

ナノカーボン高分子アクチュエータは薄く柔らかくよく曲がることを身上とする為、基本的に剛性(発生荷重)が小さく、点字ピンのダイレクト駆動では多くの視覚障害者の方が触読できるような点字デバイスを開発することは難しいと判断された。そこで、メカニカルなアシスト機構を設けることでアクチュエータ特性を補うこととした。アシスト機構は、ラッチ機構以外にも発生力を増大させる補助機構など、幾つか選択肢があったが、点字デバイスは、ON(点の突出)/OFF(点の沈降)の2Way であること、固定点字のように指で押しても沈まないことが理想的であることから、ラッチ機構に絞って検討することにした。

今年度、開発するラッチ機構の条件として、

- ① 各点字ピンの動作(昇降とラッチON/OFF)を1つのアクチュエータで駆動すること(ラッチのON/OFFは、点字ピンを昇降するアクチュエータで行なうこと)
- ② 点字サイズは、少なくとも 昨年度 ユーザー評価で実績(好評価)のある点間3mmのプロジェクトオリジナルサイズに対応でき、点間2.3mmのパーキンスサイズにも対応可能であること。
- ③ ラッチONの状態、または ラッチOFFの状態に於いて、アクチュエータは動作していない(非通電状態)こと。
- ④ ラッチONの状態に於いて、指で力強く押しても沈まない、または、指で強く押した際に沈んでも壊れないこと(再復帰すること)。
- ⑤ 多列化に対応できるよう、少なくとも面方向に対して小スペースであること。
- ⑥ 動作が安定であること、現行のアクチュエータで駆動できること

をあげ、その条件により多く適合する次の4つのラッチ機構(図9.1)に絞り込みを行なった。

	各ラッチ 検討方式概要			
	A	B	C	D
方式	プッシュ バック 	スライド カム 	回転カム 	回転カム 
ACT配置	水平	横	水平	垂直
ACT変位	上2段階	水平 左右	上下	水平 左右
筐体厚	6.5mm	5mm	5mm	10mm

図9.1 可能性のあるラッチ機構

	技術的可能性			
	A	B	C	D
日本仕様	×	×	×	(△)
パーキンス	×	×	△	(△)
Lサイズ	○	△	○	(○)
オリジナル	○	○	○	(○)
ジャイアント	○	○	○	(○)

図9.2 対応できる点字サイズ

種々様々な考察の結果、最終的には「パーキンスサイズにも対応可能」であること、「アクチュエータの配置・組み込みが容易である」ことなどから、タイプCのラッチ機構（ACT水平配置の回転カム型... 図9.3）に決定し、ラッチ機構開発を行なった。

※参考 to 他のラッチ機構が選択されなかった理由について説明する。

- A>機構が比較的シンプルであるが、強い押し込みでラッチが壊れ易い。パーキンス対応が難しい。
- B>ラッチが安定しやすいが、多列化しにくく、メカ負荷も重い。パーキンス対応が非常に難しい。
- D>小さい点字サイズにも対応でき、メカ負荷も軽いが、ACTの垂直配置で筐体はかなり厚くなってしまう。

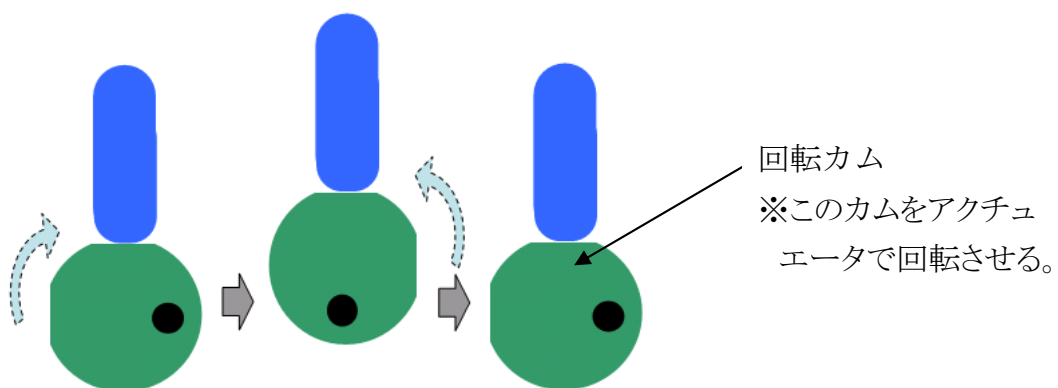


図9.3 回転カム型ラッチ機構の模式図

選択したタイプCのラッチ機構を搭載した点字デバイス内部を図9.4に示す。

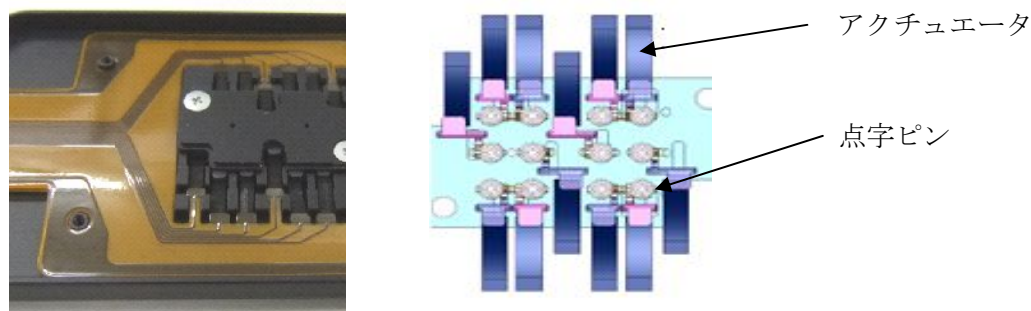


図9.4 点字デバイスの内部

アクチュエータの配線は、平成 21 年度開発した点字デバイスと同様、平面配置されたアクチュエータの上側の電極群と下側の電極群ごとに、対のFPCにて配線する構造とした。

※対のFPC配線構造としたのは、試作機である為、頻繁に行なわれるアクチュエータ交換作業を容易化する為である。また、今回、点字デバイスの筐体を幅方向(列方向)に大きくした理由は、ユーザー評価に使用する際の筐体の安定性(筐体が動かないように)を重視したことと、モールドの反りの発生リスクを回避したためである(期間とコストの制約上、1回のモールド成型で筐体を作る必要があった)。製品実用化の際は、ハーネスは小さく纏められるか印刷配線などで形成され、点字デバイスの多列化が可能となる。

②ラッチ機構搭点字デバイス用高分子アクチュエータ

今年度は作業性を考慮し、短冊型(長方形)とした。

- ・ 1 s t 試作機： L5.5mm×W1.6mm×d0.20mm (パーキンス対応)
- ・ 2 n d 試作機： L7.0mm×W2.0mm×d0.25mm (パーキンス非対応)



図9.5 点字デバイス用アクチュエータ外観

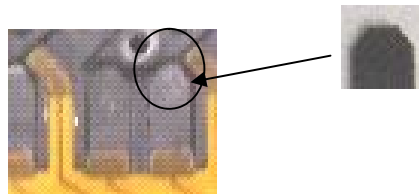


図9.6 (参考) 昨年度のアクチュエータ外観
※詳細は、平成 21 年度の成果報告書参照

③生じた課題

□開発したラッチ機構のメカ負荷の変動がプロジェクト期間内で許容内に追いつめず、高分子アクチュエータによるラッチ機構のON/OFF動作が不安定となった。
メカ負荷の変動の原因は、部品精度と埃が主であり、前者は時間的制約とコスト的制約によって、通常必要なモールド成型の修正が不十分であったこと、後者は 埃対策が不十分であったことがあげられる。

今後の開発方向(改善策)として、回転カム型のラッチ機構を継承する場合、現在の2ピース

構造を1ピース構造にし、よりシンプル化し、かつ少々埃が入っても動作可能な構造とすることがあげられる。

□多くの視覚障害者ニーズのある点間2.1mmの日本仕様への対応は、技術的に解決する課題が幾つかあり、今年度期間内での開発を断念した。

今後、日本仕様を対応する場合、

- ・ 筐体厚みを増やす方向などで、メカ機構を再構築する。
- ・ 改めて他の新規ラッチ機構の開発する。
- ・ ナノカーボンアクチュエータの性能を現状より数段向上させる。

などのいずれかが必要であり、考察を続けていきたい。

3. 触覚特性評価装置の開発

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為の装置(触覚特性評価装置)を開発した(上記 図4)。慶應義塾大学の点字に関する様々な知見から導出された当該装置の必要機能・必要性能とアルプス電気の今年度技術的実現性検討とを摺り合わせ仕様・計画化した上で開発を進め、完成に至る。この装置は、2文字限定ながら、①点字サイズ(点間・マス間・点形状など)の可変、②各点ごとの点字高さ・強さの可変、③触読方法を解析する為のデバイス4隅と点字各点の荷重と変位の検知の機能(図10.1)が1つの装置に納められており、プロジェクトメンバーが知る範囲で、触読解析装置として世界初、または最高水準の有用な評価データが期待できる装置である。この装置によって、点字デバイス開発に於ける好適仕様導出などの成果が期待される。

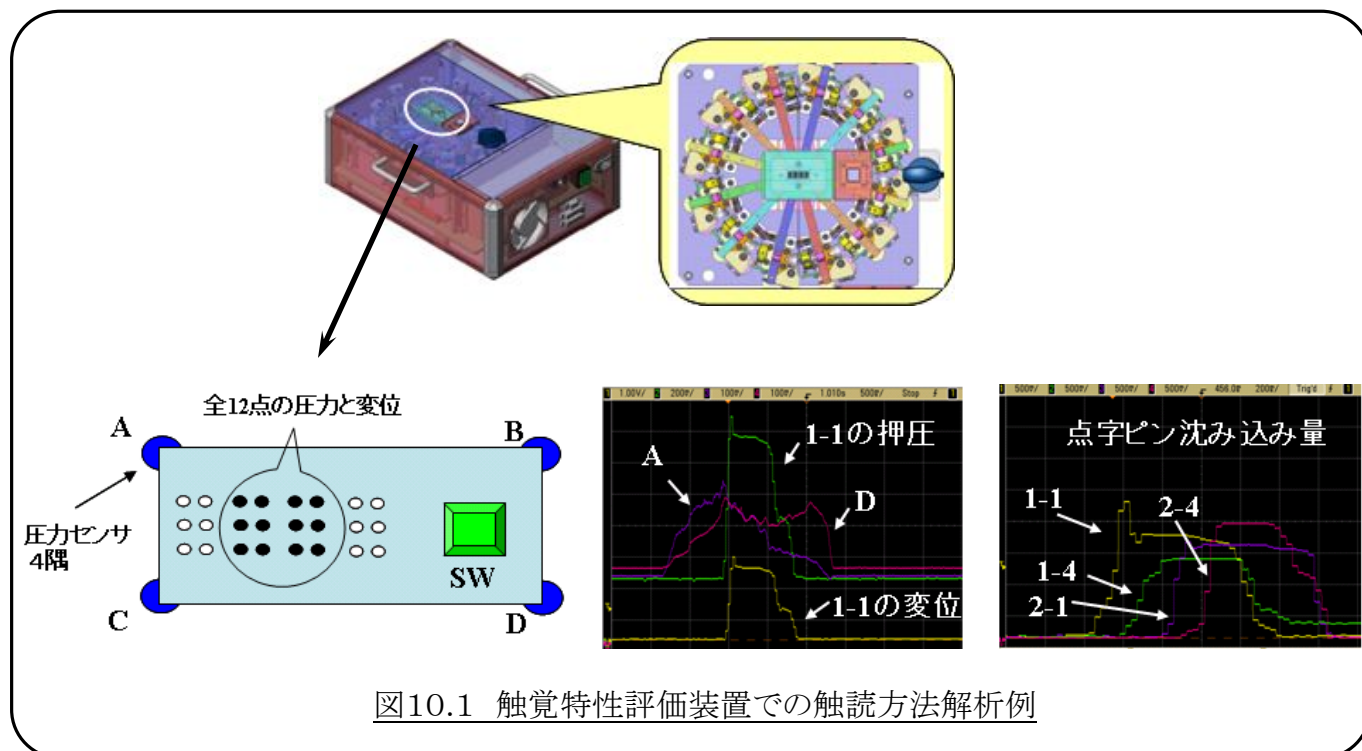


図10.1 触覚特性評価装置での触読方法解析例

項目	仕様	備考
点字文字数	2文字	・前後に、ダミー2文字 全ドットONの「め」 ・サーフェース板に各点間マス間規格で切削で形成 ダミー点字高さ:0.5mm ダミー文字ドット径:φ1.4 ダミー文字先端形状:昨年度BA0011 Perception-Pinと同等
点字ドット サイズ 先端形状	可変(マニュアル) (直径、先頭部形状) 装着範囲:φ1.0~φ1.8mm	PADIに組み込んであるドットピンの交換で変更 ・試作サイズ:φ1.2、φ1.4、φ1.6の3種類 ・試作形状:昨年度BA0011 Perception-Pinと同等1種類
点字高さ	可変(PC制御) 0~0.8mm(pt 0.1mm)	・全点独立可変 ・PCで高さを指定
点字発生加重	可変(PC制御) 0~20gf or 30gf(pt 1gf)	・全点独立可変 ・PCで加重値を指定 ・制御力仕様 制御力Min 2g 制御力Max 20g~(30g) 制御精度は、1.5gf 制御力精度 Typ±1.5g Max±2g(推奨動作環境内) 制御分解能 1g 推奨動作環境温度 20°C~30°C ※推奨温度外でも使用可だが、精度が落ちる
点間・マス間	可変(マニュアル) 点間: 2~4mm マス間: 3~7mm	・規格対応 ・規格の変更はPAD交換による ・試作規格:1-2間 1-4間 4-1間順 ①日本仕様 2.37 2.13 3.27 ②パーキンス 2.3 2.3 4.1 ③Lサイズ 2.7 2.4 3.84 ④ジャイアント 3.1 3.1 6.7 の4種類に限定
サーフェース材質	可変(マニュアル)	・サーフェースプレートの変更変更 ・試作材質:POMの胡桃プラスト処理 ・ドットピン用穴径:φ1.8で各ドットピン径共有
出力	出力1	全点の押し圧 ・ボイスコイルモータの制御量をアナログ出力 ・0g~30g→0V~3V 応答周波数100Hz
	出力2	全体の押し圧 ・PAD四隅の荷重センサーの出力をアナログ出力 ・0g~2,000g→0V~10V 応答周波数100Hz
	出力3	全点の沈み込み量 ・距離センサーの読み取り値をアナログ出力 ・0mm~1mm→0V~2V 応答周波数100Hz
点字翻訳	翻訳なし (点ごとマニュアルで)	PCでドットごとのON/OFF入力
測定モード	固定	2文字をオフするまで、固定表示
	連続(自動切換え)	2文字を設定時間ごとに順次切り替え(10メモリーを想定)
	連続(SW切り替え)	次の文字をSWで切り替え(10メモリーを想定)
その他	携帯性(小型軽量)	アタッシュケース埋め込みを予定
	電源	AC 100V
	制御PC	NOTE-PC (Windows XP)を別途用意

図10.2 触覚特性評価装置の主要仕様

G. 予定して出来なかったこと

△アクチュエータ耐久性劣化が原因の応答性の低下は、耐久性の改善により大幅改善することができた。しかし、当初計画したアクチュエータ基本特性的な応答性の向上については、耐久性課題改善の注力により時間が割けず、効果的改善には至らなかった。

△新規開発した小型ラッチ機構は、プロジェクト期間内にはメカ精度が追い込めず動作が不安定となり課題として残ってしまった。

△アクチュエータの耐久性改善について、複数の有効な施策を見出したが、点字デバイス用に対して、サイズの困難であったり、技術的調整に時間を要すなどで、今年度適用ができない施策が少なくなかった。

△ユーザーによる点字デバイス1st試作機モニター評価では、点間3mmのプロジェクトオリジナルサイズよりも、点間2.3mmのパーキンスサイズの方が触読性が良いと云う結果であったが、日程的な問題から、2nd試作機は技術的難易度が高いパーキンスサイズではなく、オリジナルサイズを適用せざるを得なかった。

H. 考察

- ・今年度の重要課題の1つであった高分子アクチュエータの耐久性改善は、当初の予想を超えて根深く困難なものとなり、原因解明から対策実施まで、産業技術総合研究所・アルプス電気ともに、非常に多くの時間を費やす結果となった。実用的な耐久性実現には、もう少し時間を要するが、本開発でアクチュエータ特性劣化の主原因および影響因子をほぼ特定し、その効果的な幾つかの対策方法・改善方法を導出できたことは、今後、本アクチュエータを使って薄型低消費電力の点字デバイスを実現する際に不可欠な技術と判断されることから、大きな成果であったと考えている。
- ・今年度ラッチ機構を試みた背景には、昨年度のユーザー評価で視覚障害者から受けたご意見・ご指摘に対する開発への反映がある。文献等では、発生荷重 6gfで殆どの障害者が触読でき、最低 3gf あれば許容できるとされていたが、昨年度いざその仕様で試作した点字デバイスのデモを行ってみると、多くの障害者から、「それは先天的障害者などの触読に慣れた人達に対しての話であって、中途障害者や病気で麻痺を伴っている方も多く、薄さを追求するよりも『できるだけ多くの障害者が触読できるように、できるだけ固定点字レベルに近い剛性/硬さと点字高さの安定化』をはかって欲しい」とのご意見・ご指摘を受ける結果となった。しかし、改めて現状の高分子アクチュエータの実力を振り返ると、圧電素子のような高い剛性は持ち合わせず、障害者が触読可能な数十gf以上の発生荷重をダイレクトに発生させることは難しい。そこで、今年度小型ラッチ機構の開発を行ない点字デバイスへの搭載を計画するに至った。
- ・一方、高分子アクチュエータは小スペース化が可能である為、圧電バイモルフでは難しい点字の多列化が容易であると云う特徴を有する。これはラッチ機構を搭載しても同様であり、アクチュエータの実用化に伴い、軽く薄く小型低消費電力(将来的には、材料コストの低減により低コスト)の多列点字デバイス(電子点字図書や電子点字教科書など)を実現できる可能性が高いと考えている。

J. 結論

弊社が担当した本開発での、今年度目標に対する結果をまとめた表を下表(図11)に示す。

目 標	結 果	達成度
高分子アクチュエータ 耐久性と応答性の向上	耐久性向上策によって、長時間連続駆動に於ける高分子アクチュエータの特性劣化を大幅に改善した。 ※長時間連続駆動に於ける変位の減衰時間(傾き)が約7倍改善、同時に、連続通電による劣化で生じる応答性の極端な低下について、同様に改善	80%
点字高さや発生力のばらつきの低減	高分子アクチュエータ駆動の点字デバイス用に小型ラッチ機構を開発。点字高さや発生力の大幅なバラツキ改善と、安定化、そして100gfを超える高い発生力を実現し、ユーザー(視覚障害者)より、高い評価を得た。	100%

点字デバイス1st 機の試作	2種類の点字サイズの点字デバイス1st 機を試作。当初予定以上の46名分のユーザー評価を受ける。	100%
触覚特性評価装置開発	評価装置の開発は、ほぼ当初計画通り完了	100%
点字デバイス2nd 機の試作	1st 試作機の評価結果をフィードバックし、2nd 機(12文字)を試作。触読性に対するユーザー評価は1st 試作機同様に高評価であったが、安定動作に課題があり、今後改善が必要である。	50%

図11 今年度目標に対する達成度

結論として、本開発で、“アクチュエータ耐久性の大幅改善”と“ユーザー高評価の触読性の良い点字デバイスの開発”が実現できたことで、今期目標であった“来年度の開発に必要な要素技術開発”が達成できたものと判断した。

今後の課題としては、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などがあげられる。

K. 健康危険情報

1. 開発者側

点字デバイスの駆動源となるナノカーボン高分子アクチュエータは、人体への安全性にリスクのあるナノカーボンなどのナノ材料や有機溶剤を使用する。弊社でそれら作業にあたっては、労働安全衛生法、および、労働安全基準局通達の「ナノマテリアルに対するばく露防止等のための予防的対応について」（基発第0331013号）に準じた曝露防止措置を行なっている。

2. 当事者側

統括報告書 および 慶應義塾大学 分担報告書 参照のこと

L. 成果に関する公表

1. ホームページ、刊行物等の紙面などでの発表

特になし

2. 展示会などでの発表

- ・厚生労働省 平成22年度“障害者自立支援機器等開発促進事業における開発成果の一般公開” 平成23年3月9日 11:00～15:00 @厚生労働本省 2階講堂

3. プレス・その他

- ・Jp毎日(H23, 3/9)：新素材点字ディスプレイ

<http://mainichi.jp/universalon/report/archive/news/2011/20110309mog00m040021000c.html>

<http://video.mainichi.co.jp/viewvideo.jsp?Movie=48227968/48227968peevee376676.flv>

※上記は、本プロジェクトで他の開発機関が主管で公表・公開したものは含まず。
統括報告書または、各開発機関の分担報告書を参照のこと。

M. 知的財産権の出願・登録状況

本プロジェクトによって、次の発明が生じた。現在、出願中、または出願準備中である。

1. 特許

- ・ ナノカーボン高分子アクチュエータ関連で、6件 出願、 2件 出願準備中
- ・ 点字デバイス関連で3件、出願準備中。

2. 実用新案

なし

3. その他

なし ※各研究開発機関で得られたノウハウは、各々でノウハウ登録等あり

L. 事業の継続中止について

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北大震災およびその被災ダメージは、当プロジェクトの主管企業である弊社アルプス電気とその事業環境に大きな影響を与え、当プロジェクト（事業）の継続が困難な状況となり、厚生労働省に H23 年度の事業継続中止の申し入れを行いました。

大変残念でありませんが、プロジェクトの継続中止にあたり、これまで当プロジェクトにご協力頂きました数多くの方々に この場を借りて改めて深く感謝いたします。

以上

II—3

“大面積、薄型点字ディスプレイの有機駆動回路の開発”に
関する報告

東京大学 大学院工学系研究科

染谷 隆夫

関谷 毅

福田憲二郎

開発分担報告書

大面積、薄型点字ディスプレイの有機駆動回路の開発 に関する報告

染谷 隆夫・関谷 毅・福田 憲二郎

(東京大学・大学院 工学系研究科 電気系工学専攻)

開発要旨

東大染谷チームでは、自己組織化単分子膜 (SAM) を絶縁膜として利用した有機トランジスタの作製とそれを用いてアクチュエータを低電圧で駆動するための有機駆動回路、有機 SRAM の開発を分担した。特に、アクチュエータの変位速度を向上させるため、駆動回路の最適化に取り組んだ。さらに大面積&薄状の点字ディスプレイの駆動回路への応用を展開するため、スクリーン印刷技術を用いて有機トランジスタアクティブマトリックスを作製することに成功した。80 x 80 トランジスタセルが 2 mm ピッチ間隔で作製されている。各トランジスタセルにおいて、移動度 0.1 cm²/Vs 以上を実現した。この技術を用いることで、薄型点字駆動回路を低コストで大面積に作製することができる。

1. 開発目的

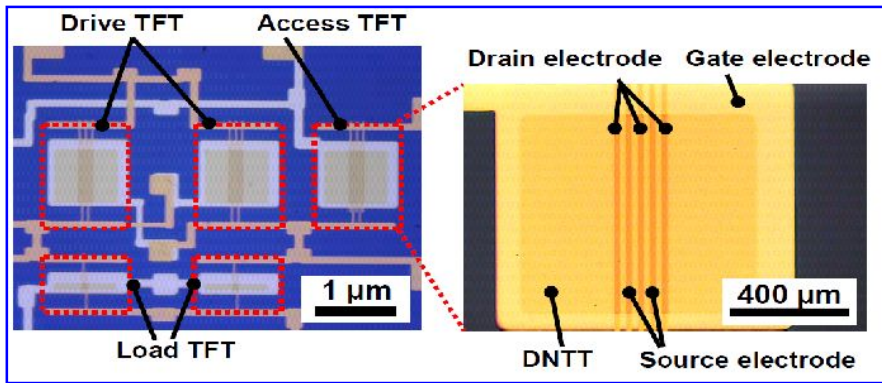
大面積薄型の点字ディスプレイを駆動するための駆動回路およびメモリをプラスチックフィルム上に作製することを目的とする。

2. 開発する支援機器の想定ユーザ

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も含む）

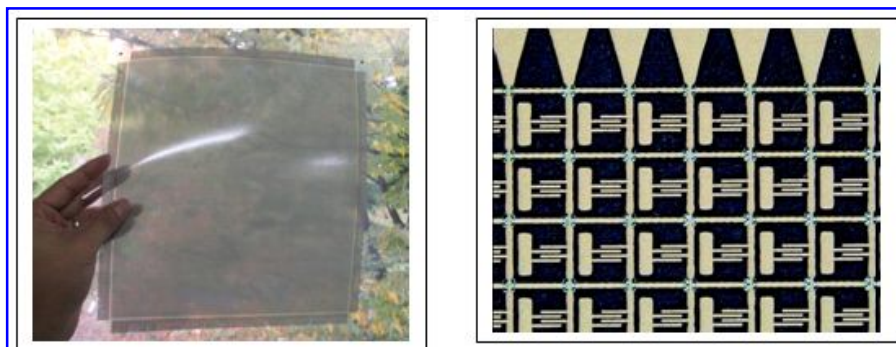
3. 試作した機器またはシステム

自己組織化単分子絶縁膜をゲート絶縁膜に用いた 2V 駆動の点字駆動回路の開発（図 1）と、スクリーン印刷技術を用いた 300 mm 角の有機トランジスタアクティブマトリックス（図 2）を試作した。



自己組織化単分子膜をゲート絶縁膜に用いた有機トランジスタ型SRAM回路を試作した。当試作回路を使い、4V駆動で点字ディスプレイに適合するアクチュエータの動作を確認した。

図1 低電圧駆動有機トランジスタで構成した駆動回路としてのSRAMセルと有機トランジスタ単体の拡大図



80 x 80トランジスタセルが2mmピッチ間隔で作製されている各トランジスタセルにおいて、移動度 $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上を実現した。この技術を用いることで、薄型点字ドライバを低コストで大面積に作製することができる。

図2 スクリーン印刷技術を用いたトランジスタアクティブマトリックスと拡大図

4. 開発方法

有機トランジスタは印刷可能であること、プラスチック基板上に作製可能であることから、大面積・フレキシブルなアプリケーション応用への注目が集まっているが、通常のポリマー系材料では駆動電圧が10V以上と高くなる。本研究では自己組織化単分子膜(SAM)を絶縁膜として利用した有機トランジスタの作製とその性能評価、回路・アプリケーション応用を行った。さらに大面積展開をめざし、スクリーン印刷を用いた回路作製を行った。

5. モニター評価

未実施

6. 開発で得られた成果

SRAMの駆動電圧は2V、書き込み速度は1.5msという非常に高速な動作が実現され、先行例と比べ駆動電圧、書き込み速度共に1桁程度改善された。点字表示に用いる素子としてカーボンナノチューブアクチュエータと開発した駆動回路を集積化し、1点動作において、4V駆動において点字の上下認識に必要な変位 $300\mu\text{m}$ が達成された。 $300\mu\text{m}$ の変位を得るのに必要な時間は4.5V駆動において2.9sであった。 6×4 文字の点字ディスプレイ

レイ全体の表示に必要な時間が3 s以下と見積もられた。有機トランジスタは印刷可能であること、プラスチック基板上に作製可能であることから、大面積・フレキシブルなアプリケーション応用への注目が集まっているが、通常のポリマー系材料では駆動電圧が10 V以上と高くなる。本研究では自己組織化単分子膜(SAM)を絶縁膜として利用した有機トランジスタの作製とその性能評価、回路・アプリケーション応用を行った。さらに大面積展開をめざし、スクリーン印刷を用いた回路作製を行った。

7. 予定して出来なかったこと

スクリーン印刷で作製した駆動回路においては、駆動電圧が40 Vと高く、課題として残された。

8. 考察

駆動電圧、応答速度ともに点読するに適した性能まで向上させることができた。

9. 結論

低電圧駆動実現のためにSAM絶縁膜を利用することで、低電圧かつ高移動度のトランジスタが作製可能であり、高速動作の回路応用も実現可能である。また他の素子との応用も容易に行えることが実証された。

10. 健康危険情報

該当なし

11. 成果に関する公表

1. ホームページ、刊行物等の紙面などでの発表：2件

・タイトル：Thermal stability of organic thin-film transistors with self-assembled monolayer dielectrics

(書籍名：APPLIED PHYSICS LETTERS, 出版社：APPLIED PHYSICS LETTERS)

・タイトル：シート型点字ディスプレイ

(書籍名：アクチュエータ、出版社：シーエムシー出版)

2. 展示会などでの発表：1件

2010年 第71回 応用物理学会学術講演会

12. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得：なし

2. 実用新案登録：なし

3. その他：なし特許取得、実用新案登録：なし

以上

II-4

“ユーザー評価による点字デバイス特性仕様の導出と 試作デモ機のユーザー評価実験“ に関する報告

慶應義塾大学

中野 泰志
新井 哲也
大島 研介

ユーザー評価による点字デバイス特性仕様の導出と

試作デモ機のユーザー評価実験に関する報告

中野 泰志・新井 哲也・大島 研介

(慶應義塾大学・自然科学研究教育センター)

1. はじめに：研究の全体像

点字は、通常の文字（墨字）へのアクセスが困難な重度の視覚障害者が単独で読み書きできる唯一の文字である。コンピュータの画面を読み上げるスクリーンリーダー（ソフトウェア）の登場により、音声出力が注目されているが、音声は時系列でしか理解できず、行き来しながら読むことができない点で文字とは異なる。特に、電話番号や外国語のスペル等のように、正確に理解する必要がある文字列を認識する際、一過性の音声と比べ、点字のメリットは大きい。さらに、聴覚にも障害がある盲ろう者が使える文字は点字しかない。

点字は文字としての特性は優れているが、家電等のデジタルデバイスに搭載したり、多行表示をしたりすることが技術的に困難であった。なぜなら、点字を電子的に表示させるためには、従来、ピエゾやソレノイドアクチュエータを用いることしかできず、軽量化や薄型化ができなかったからである。

これに対して、本開発のカーボンナノチューブ高分子アクチュエータによる触覚デバイスは、きわめて構造が簡単で、アッセンブルが容易であり、しかも低消費電力という特徴から、タッチパネルにも搭載可能であり、多行表示の可能性も高い。また、カーボンナノチューブなどの材料費の飛躍的な低価格化にしたがって、安価に作製できるものと期待できる。したがって、視覚障害者から要望の高い銀行等のATM、タッチパネル式の携帯電話や家電製品を始め、創造力を育てる玩具類や教科書バリアフリー法の施行で期待が高まっている電子教科書への応用も期待でき、本開発の触覚ディスプレイの実現により、視覚障害者の社会参加がより可能になる。

なお、本報告は、2011年2月末日時点のデータをまとめたものであり、3月にもデータを収集する予定であり、最終報告においてはさらにデータ数が増える予定である。

2. 目的

本研究の目的は、視覚障害者の社会参加の促進に資するために、カーボンナノチューブ／イオン液体電極およびイオン液体ゲルからなるバッキーゲルアクチュエータを用いて試作された携帯電話にも搭載可能なフィルム状の点字デバイスを開発することである。

本調査班では、この目的を達成するために、視覚障害者のニーズを明らかにするために、以下の2つの調査・実験を実施する。

(1) ユーザー評価による点字デバイス特性仕様の導出

点字デバイス特性（点間文字間、点の高さや力等）が調整制御できる触覚特性評価装置を使ってユーザー評価実験を行い、視覚障害者にとって好適な点字デバイス特性の導出や参考規格化を試み、点字デバイス開発に活用する計画である。

(2) 試作デモ機のユーザー評価実験

試作デモ機にて、視覚障害者によるユーザー評価を実施する。点字デバイスとしての使用感に関する質的評価や触読速度等を定量評価すると共に、電子点字図書としての評価を行い、筐体サイズや点字の行数列数などの好適値を見出す計画である。これらの結果を点字デバイス・電子点字図書の開発にフィードバックする事でアクチュエータ、デバイス機構等の改良を進める予定である。

3. 点字及び点字ピンディスプレイの利用実態に関するヒアリング調査

3. 1 目的

点字デバイスの特性仕様やユーザー評価を実施する前提として、パワーユーザーと有識者に対してヒアリング調査を実施した。

3. 2 方法

点字のパワーユーザー（早期点字ユーザー1名、中途点字ユーザー1名）と有識者2名に対して、点字の触読方法等について非構造化面接法によるヒアリングを実施した。

3. 3 結果

ヒアリングの結果、ユーザー評価において留意すべき点として以下の点について指摘があった。

- ・点字利用者の特性として、失明時期だけでなく、点字を常用文字として利用し始めた時期、点字の触読スピード、感度等を考慮すること。
- ・点字の触読の際に、片手で読むか、両手で読むかによってニーズが異なることが考えられる。特に、点字の熟達した読み手は、図1～3に示したように両手を用いる場合が

あり、左手か右手のどちらか読み速度の速い方よりも、両手読みの方が速く読めるという報告がある（牟田口、1998）。そこで、両手か片手か、また、左右どちらの指を使って触読しているかを考慮すること。

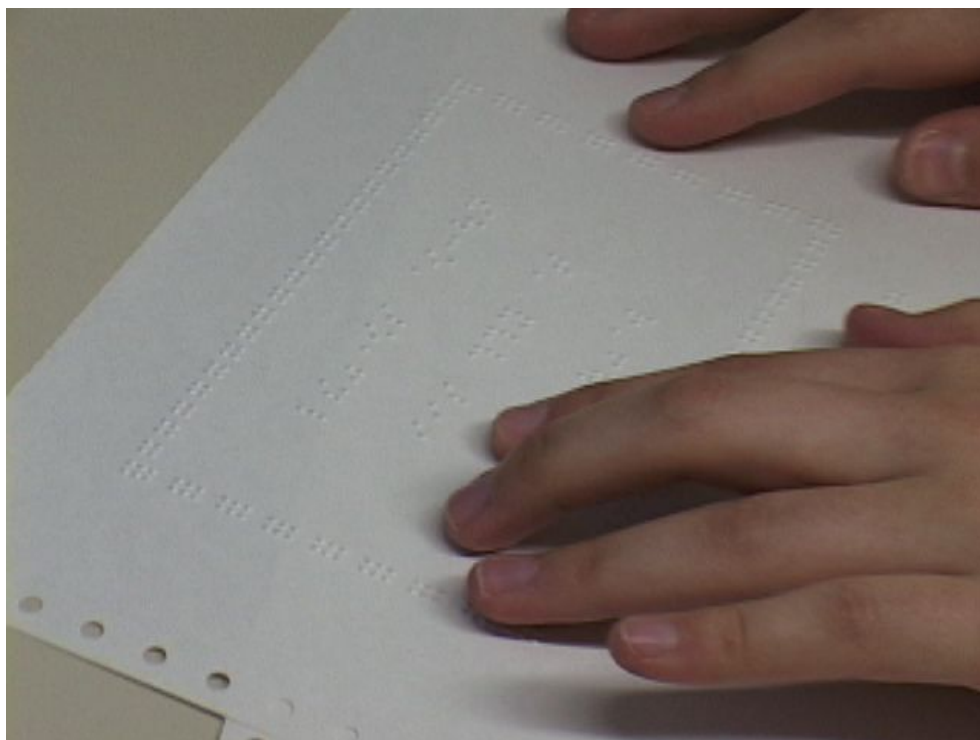


図1 点字を読む際の手の使い方と動き（両手読み）



図2 点字ピンディスプレイの利用場面



図3 携帯型点字情報端末の利用場面

- ・点字のサイズ（点間、マス間）を検討する際、正答率や反応時間と同時に、主観的な使いやすさについても考慮すること。
- ・視覚障害者を募集する際には、ニーズや特性を考慮し、最低限、視覚障害の当事者団体及び視覚障害特別支援学校（盲学校）に対して実施すること。
- ・協力者を募集する際には、地域性も考慮すること。
- ・多様性を考慮した分析を可能にするため、協力者の人数は30名以上確保すること。

4. 試作デモ機ของผู้ーザ評価実験

4. 1 目的

本研究の評価対象となる試作デモ機は昨年度の技術を改良したものであり、点の高さや強さ等を向上させたものである。しかしながら、これはあくまでもスペック上の変化であり、視覚障害者が実際に使用した際のパフォーマンスは明らかになっていない。そこで本実験では、前述のヒアリング結果を踏まえ、点字を常用する視覚障害者に対して試作デモ機の（1）触読効率の測定と、（2）半構造化面接法によるヒアリングを実施し、現状を把握して改善点を明らかにすることを目的とした。

4. 2 方法

4. 2. 1 触読効率測定

試作デモ機を用いて効率良く文字を読み取れるかを検討した。また、従来の点字ペンディスプレイとの比較を行った。

(1) 実験参加者

日常的に点字を利用している視覚障害者 20 名が参加した。参加者ごとのプロフィールを表 1 に示す。

表 1 実験参加者のプロフィール

ID	ユーザの分類	性別	視力 (右)	視力 (左)	点字利用開始 時期 (才)	点字に使用する手	主たる手	読み速度 (cells/min.)
1	中途	女性	0.01	0.01	21	片手	左手 人差し指	82.1
2	早期	男性	0	0	7	両手	左手 人差し指	346.2
3	中途	男性	0	0	22	片手	左手 人差し指	51.6
4	早期	男性	0	0	9	両手	左手 人差し指	360.8
5	早期	女性	指数弁	光覚	8	両手	右手 人差し指	512.4
6	中途	女性	0.01	0.02	43	両手	左手 人差し指	10.0
7	早期	男性	0	0	6	両手	右手 人差し指	360.8
8	早期	男性	0	0	6	両手	左手 人差し指	413.2
9	中途	女性	手動弁	手動弁	24	片手	右手 人差し指	124.4
10	中途	女性	0	0.03	12	両手	左手 人差し指	294.5
11	早期	女性	0	0	7	両手	右手 人差し指	400.3
12	早期	女性	0	0	6	片手	右手 人差し指	376.8
13	早期	男性	0	0	7	両手	右手 人差し指	297.9
14	早期	男性	0	0	7	両手	左手 人差し指	434.2
15	中途	女性	0.04	0	37	片手	左手 人差し指	110.9
16	中途	男性	0	0	16	片手	左手 人差し指	159.1
17	中途	女性	0.01	指数弁	60	片手	左手 人差し指	69.0
18	早期	女性	0	0	6	両手	左手 人差し指	449.5
19	中途	女性	手動弁	手動弁	38	片手	左手 人差し指	74.9
20	中途	女性	光覚	光覚	59	片手	左手 人差し指	84.0

児童期までに点字を利用し始めた早期点字ユーザーが 10 名、青年期以降に点字を利用し始めた中途点字ユーザーが 10 名であった。早期点字ユーザーのうち、1 名は片手読み、残りの 9 名は両手読みであり、点字利用年数の平均は 34 年、最短で 15 年、最長で 53 年であった。中途点字ユーザーのうち、8 名が片手読み、2 名が両手読みであり、点字利用年数の平均は 11.3 年、最短で 2 年、最長で 38 年であった。

参加者の音読での点字の読みの速さを測定したところ、早期点字ユーザーの読み速度は平均 395.2 マス/分であり、最大値は 512 マス/分、最小値は 298 マス/分であった。中途点字ユーザーの読み速度は平均 106.1 マス/分であり、最大値は 294 マス/分、最小値は 10 マス/分であった。

点字を読む際に指先の感度の影響がないことを確認するために感度の測定を行った。Steven, Foulke, & Patterson (1996) は年齢とともに年 1% ずつ感度が低下することを指摘している。本実験では高齢の参加者もいることから、感度が点字の読みのボトルネックとなっている可能性を排除するために感度測定を実施した。その結果、すべての参加者の触覚の空間分解能は点字を識別するのに必要とされる水準以上であることが確認された。以下、詳細な評価方法について述べる。

感度の測定に使用した感度の指標は Legge, et al. (1999) の使用している tactile-acuity chart ver.2.0 を参考にして作成した日本標準点字版 tactile-acuity chart (以下、日本点字版 TAC と表記する) であった。感度の指標としては、古典的な二点弁別閾と触覚空間分解能 (tactile spatial acuity) が用いられることが多い。二点弁別閾は測定誤差に加え、空間分解能を反映していないことが指摘されており (Craig & Johnson, 2000)、近年ではグレーティングパターンを使用した触覚における縞視力 (gap detection) や縞の方向 (grating-orientation) を感度の指標として多用されている。しかし、それらの方法では極限法や恒常法などの心理物理測定法を使用することが多く、精度が高いが測定に時間がかかってしまう。また、受動的な条件で測定を行うため、動的な触覚の過程を十分に反映できていない可能性も考えられる。これに対して、tactile-acuity chart は、時間制限のない状態で、自由に指を動かすことができる active な状態での測定であることに加え、短時間で簡易に実施可能である。

以下、日本点字版 TAC の概要を述べる。3つの点からなる4種類のパターンを使用した。4種類のパターンは、点字の1点、2点、5点、6点を使用する「ろ」、「る」、「え」、「り」の対称的な点字と同様の配列であり、それぞれ左上、左下、右下、右上が空いているパターンとなっている。8個(4種類×2)を1列とし、大きさの異なる9行を並べた (図4を参照。図4は Legge, et al. (1999) の Appendix 1 より引用)。6行目は日本標準サイズの点字であり、5行目は通常サイズより $0.1 \log$ (26%) 大きいサイズであり、6行目から上に行くとも26%ずつサイズが大きくなり、6行目より下に行くほど26%ずつサイズが小さくなっていく。参加者は計72個のパターンについて回答した。全問正解した場合は $-0.3 \log$ (1点と2点の中心間の距離は1.185mm、1点と4点の中心間の距離は1.065mm) が感度となり、誤答が生じた場合には、 $-0.3 \log$ から誤答数×0.0125を足した値となる。

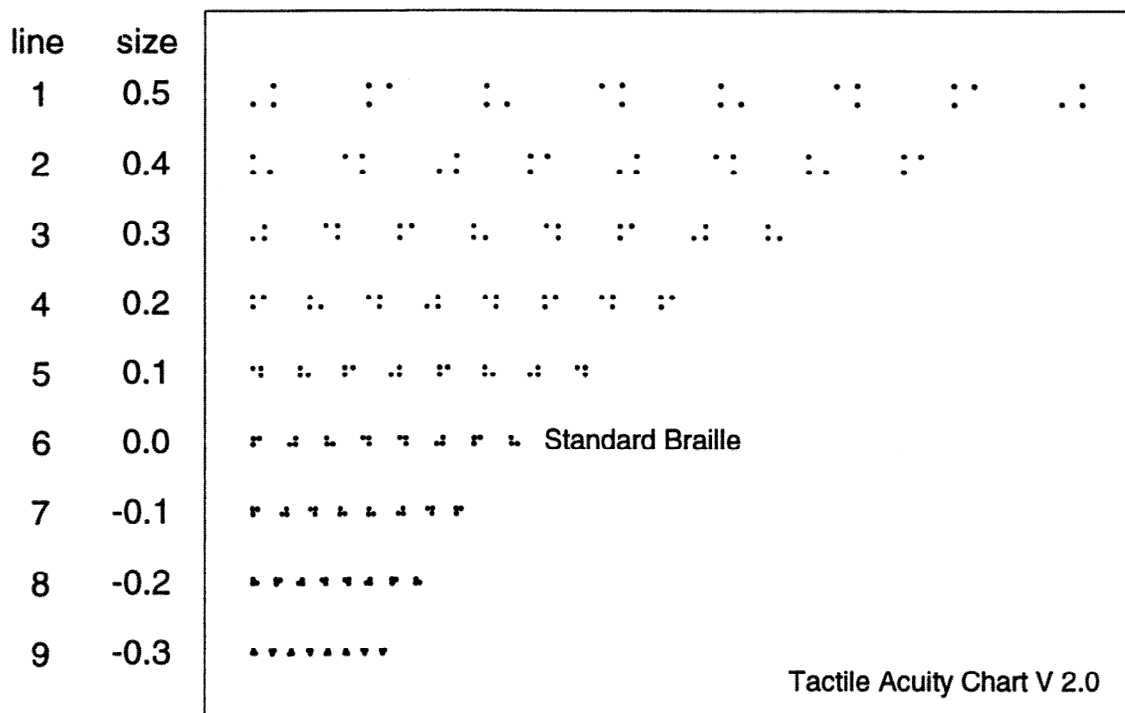


図4 tactile-acuity Chart (Legge, et al.(1999)より引用)

(2) 装置

評価の対象となった機器は、アルプス電気株式会社オリジナルの点サイズの試作デモ機（以下、アルプスサイズ）と、パーキンスブレイラーと同等の点サイズの試作デモ機（以下、パーキンスサイズ）の2種類であり、比較のために KGS 社のブレイルメモ 24（以下、ブレイルメモ）を用いた。いずれも4マスのみを使用し、そのうちの1、4マス目には常に「め」を、2、3マス目には様々な文字列を提示した。また、実験中の時間の読み上げを記録するためにボイスレコーダーを、参加者の指の動きを記録するためにビデオカメラを用いた。

(3) 提示した文字列

文字列は2マス2音で構成された。点字は点の数やレイアウトによって大きくしレジビリティが異なるため、同程度のレジビリティの点字を使用する必要がある。そのため、佐藤・河内 (2000)の点字のレジビリティの評価結果より、0.12秒以上0.13秒未満の平均認知時間であった点字、「き、せ、そ、た、ち、と、ね、ひ、ふ、ほ、む、め、も、り、れ」の15文字を使用し、2マスの文字列を作成した。このうち同じ文字からなる文字列（例、ねね）を省いたものを、2名の評価により有意味語と無意味語に分類した。それぞれからランダムに30語を選択し、実験に使用した。なお、意味の有無により読み取りに差が出る可能性があるが、あらかじめ条件として分けてお

くことで、そのような影響を直接的に検証することを可能にした。

(4) 手続き

実験参加者の課題は、2マスに提示される文字列を触読し、それを口頭で報告することであった。実験者の「お願いします」の合図で1マス目の「め」に指を置き、「用意、始め」の合図で触読を開始した。実験者は触読開始から文字の報告が終わるまでの時間を計測した。

点字デバイスの種類が3条件、意味の有無が2条件で、それぞれ10回繰り返したので、参加者1名につき計60回の読み取りを行った。各条件の実施順は参加者間でランダムとした。なお、デバイスの条件が変わる際には必ず練習試行を設けた。

4. 2. 2 半構造化面接

試作デモ機を触ってもらい、問題点や活用可能性に関する意見を収集した。

(1) 被調査者

日常的に点字を利用している71名の視覚障害者を対象とした。

(2) 面接内容

被調査者の視覚の状態および日常の点字利用について尋ねた後で、試作デモ機を触ってもらいながらその使用感について意見を求めた。面接中の言語報告は全てボイスレコーダーに記録した。

4. 2. 3 倫理面への配慮

日本生活支援工学会倫理審査委員会による審査を受けた。以下、特に配慮した点について記述する。

(1) 移動に関する支援

対象者は全て重度のロービジョンまたは全盲の視覚障害者であったため、必要な場合には評価実施施設の最寄りの公共機関まで送り迎えを行った。また、対象者によっては不慣れた場所への移動が困難であったため、当人からの要望があった場合には、希望の場所（勤務先）へ出向いて評価を行った。

(2) 体調面への配慮

本研究は対象者に器具を装着したり身体を拘束したりするものではないが、不慣れた環境で最長2時間程度の実験・調査に参加するため、対象者からは疲労を感じるなどの報告があった。そのような報告があった場合には即座に休憩を入れ、また報告のない場合でも、約1時間が経過するごとに休憩時間を設けた。なお、極度の疲労や体調不良等を訴えた場合に備えて、施設内の保健管理センターや医療機関等へ案内する準備を整えていたが、そのような事態は生じなかった。

(3) インフォームドコンセント

インフォームド・コンセントの取得は、各協力団体の関係者の立ち会いのもと、実験当日に必要な事項を記載した文書を提示するとともに口頭で説明し、同意書により同意を求めることを行った。全ての対象者が自筆での署名を困難としたため、協力団体立ち会い者に代筆してもらった。なお、インフォームドコンセントを求める際には、障害者の人権を擁護する専門機関である「かながわ権利擁護相談センター」にて相談が可能である旨を口頭で伝えた。

(4) 個人情報およびデータの保管

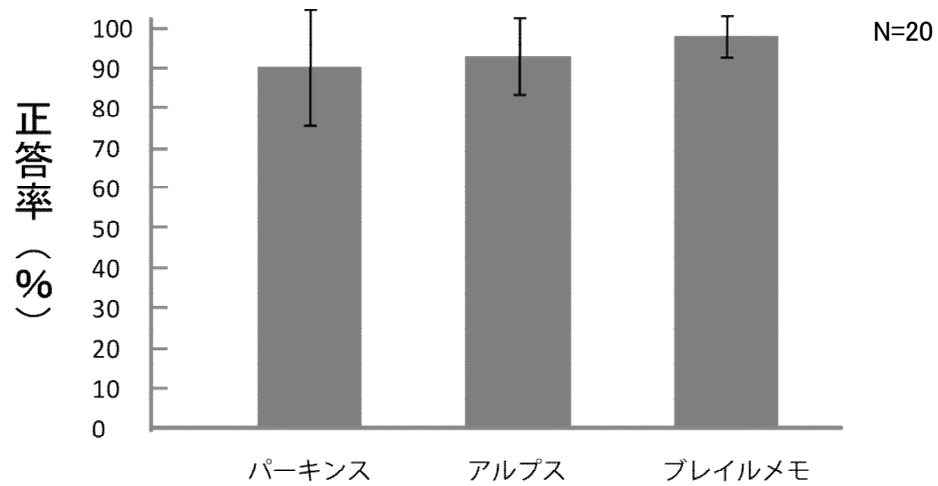
デジタルデータについては、元データと連結対応表を評価研究の代表者（中野泰志）が個別のディスクにて管理している。データの保管場所は本研究専用の固定ディスクとし、使用するときだけに接続するとともに、ディスク自体をパスワード保護している。紙データについては、鍵のかかる専用のケースに保管している。

4. 3 結果

4. 3. 1 触読効率測定

文字の読みやすさを評価する心理学的研究においては、読みの正確さを表す指標として正答率を、読みの速さの指標として読み始めから読み終わりまでの所要時間である反応時間を用いるのが一般的である。本研究ではこれにならい、触読効率の具体的な指標として、a) 触読の正答率、および b) 反応時間から計算される触読速度を用いた。これにより、試作デモ機を用いて点字読者がどの程度正確に読むことができるか、またどの程度速く読むことができるかを客観的に評価することができる。

図5に正答率の平均を、図6に反応時間の平均を示した。正答率については、いずれの試作デモ機でも90%以上の高い正答率が得られた。分散も極端に大きなものではないため、早期点字ユーザーでも中途点字ユーザーでも高い正答率が得られたといえる。一方で、反応時間についてはアルプスサイズで若干、時間のかかる傾向がみられたが大きな差ではなかった。また、他のデバイスと比較すると分散が大きかったが、個別のデータから、高齢かつ点字経験の浅いユーザーで時間がかかっていたことがわかった。



点字デバイス

図5 正答率の平均

エラーバーは標準偏差を表す。

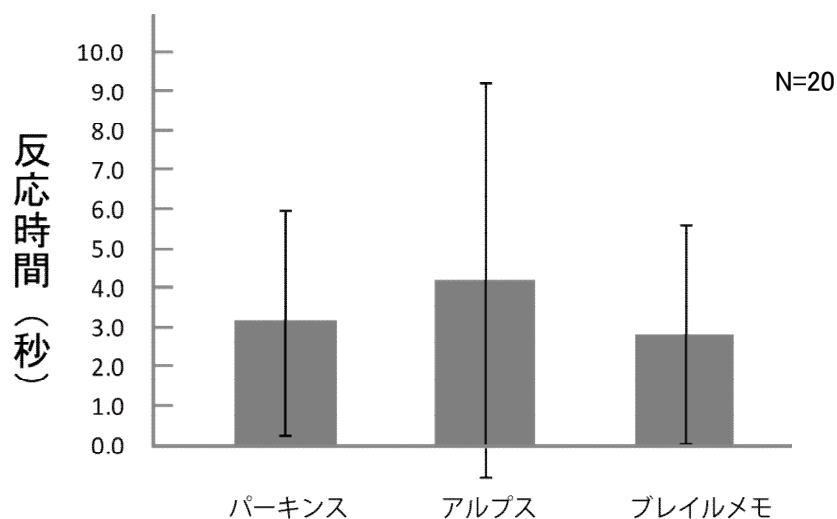


図6 反応時間の平均

エラーバーは標準偏差を表す。

4. 3. 2 半構造化面接

ボイスレコーダーに記録した言語報告を書き起こした上で項目別にまとめた。なお、以下の内容は分析の終了した40名分のものである。

(1) 点の高さ

点の高さについて、「問題はない」、「十分である」または「実用に耐えうる水準である」と回答した参加者は36名(90%)であった。残りの4名の意見として、「点がや

や低い」、「点がばらついているように感じる」、「弱く感じる」ことが挙げられた。

(2) 点の間隔 (点サイズ)

点の間隔について、パーキンスサイズでは 37 名 (93%) が「問題はない」、「十分である」、「読みやすい」などと回答した。それ以外の意見は、「日本の標準サイズが良い」というのもであった。一方、アルプスサイズについては、肯定的な意見は 19 名 (48%) にとどまった。否定的な意見の理由として多かったのは、「日本サイズよりも大きいので違和感がある」、「慣れるのに時間がかかる」、「指に 6 点が収まらず、上下運動が必要であるため効率が悪い」、「点間とマス間の区別がつきにくい」というものであった。

(3) 実製品への応用

本機の実製品への応用について要望を聞いたところ、大きく 2 つの意見が得られた。

a) 液晶表示の代替技術として

家電製品等の表示部分には液晶パネルが用いられていることが多いが、重度の視覚障害者はこれを読み取ることができない。さらに、操作によって表示内容が変わってしまうという問題があり、彼らはそのような変化に対応することが難しい。そこで、薄型・軽量という特長を生かし、液晶表示の代わりに本機を実装して欲しいという意見が多く挙げられた (36 名、90%)。具体的な製品として挙げられたのは、テレビやエアコンのリモコン、携帯電話、電子レンジ・洗濯機等の家電製品、自動販売機、銀行の ATM 等であった。

b) 多行表示の点字ピンディスプレイとして

現在、市販されている点字ピンディスプレイは、いずれも一度に 1 行しか表示することができない。そこで、本機のマス数・行数を拡張し、多行表示が可能な点字ピンディスプレイを実現して欲しいという意見が挙げられた (18 名、45%)。その用途は文章を読むことにとどまらず、地図や表などを表示すること (点図としての利用) や数式を表示するといった教育現場での活用、システム手帳や新たなパソコンといったビジネス場面での活用など、多様であった。また、必ずしも 1 ページ (32 行×18 行) でなくてもよいので、早期に多行表示が実現されることを望む意見もあった。

(4) その他

実用化が期待される一方で、いくつかの問題点・要望を報告した参加者もいた。ひとつは応答時間であり、ユーザーの操作から即時に点字が表示されることを求めるものであった。概ね、多行表示ならば数秒待てるが、家電等を実装する単語レベルでの表示では 1、2 秒が限度であるとする意見が多かった。また、耐久性を重視するユーザーもおり、点が磨耗しやすいものでは使用に耐えないとする意見が挙げられた。

5. 考察

触読効率評価実験の結果、正答率については、いずれの試作デモ機でも90%以上の高い正答率が得られており、昨年度の試作デモ機と比べ、飛躍的に高い正答率が得られることがわかった。反応時間に関しては、アルプスサイズの試作デモ機で若干、時間がかかる傾向が見られたが、大きな差ではなかった。この結果から、本試作デモ機の触読効率は、最も利用されているピンディスプレイであるKGS社製ブレイルメモに匹敵することがわかった。ただし、パーキンスサイズの試作デモ機は正答率が、アルプスサイズの試作デモ機は反応時間が、従来のピンディスプレイよりも若干ではあるが効率が低い傾向があった。そこで、これら触読効率の若干の低下が本試作デモ機の使用感等に影響するか否かについて半構造化面接において検討を行った。

半構造化面接の結果、点の高さについては、9割の対象者が実用に耐えうる水準であると回答した。残りの1割は、高さが不十分である理由として、点によって高さが通常の点字と異なる、点が低いと回答した。また、点の間隔(点サイズ)については、パーキンスサイズであれば実用に耐えうると回答した対象者が9割を占めたが、アルプスサイズの場合には5割程度であった。その理由として、アルプスサイズは日本の標準サイズよりもかなり大きいため、通常の読み方では効率良く読み取ることができず、慣れるまでに時間を要するという回答が多かった。

本試作デモ機の実用化に関しては、全員からとても高い期待が寄せられた。製品化の方向性としては、大きくわけて2つのニーズが示された。一つ目のニーズは、薄型化の利点を活かし、家電製品等の液晶表示に活用して欲しいという内容であった。特に、ATM、エアコン、電子レンジ、デジタルテレビ等の最新の製品への搭載を期待する声が多かった。二つ目のニーズは、多行表示の利点を活かし、点字ページディスプレイに活用して欲しいという内容であった。現在、ピンディスプレイは1行しか表示できない点に不満を感じているユーザーが多く、2～3行の表示でもよいので、早期に多行表示を実現して欲しいという声が多かった。特に、点字図書を電子化する上で、多行表示は必須であるという意見が多かった。

6. まとめ

本試作デモ機は、客観的な触読効率の観点からも、主観的な使用感の観点からも従来の点字ピンディスプレイに匹敵する性能を持っていることがわかった。また、本試作デモ機には、従来のピンディスプレイにはない、薄型化という特徴と多行表示という特徴がある点が高く評価された。そして、薄型化の利点を活かし家電製品等の液晶表示に活用して欲しいというニーズが多いこと、多行表示の利点を活かし、点字ページディスプレイに活用して欲しいニーズが多いことがわかった。なお、多行表示を実現する際、必ずしも1ページではなくてもよいので、早期の製品化を期待する声が多

かった。

今後の課題としては、従来の点字ピンディスプレイと比較すると、触読効率の観点で若干の低下がみられる点を改良する必要があることが明らかになった。今後、その理由の究明と解決策を検討し、従来のピンディスプレイ以上の触読効率を目指していく必要がある。

【謝辞】

日本網膜色素変性症協会の金沢真理会長、慶應義塾大学の中村理乃さん、View-net 神奈川の新城直理事長、日本点字図書館の田中徹二理事長、日本盲人会連合の笹川吉彦会長には、モニター評価実験へのご協力と貴重なご意見をいただきました。また、盲学校にも、モニター評価実験や当事者ヒアリングにご協力いただきました。慶應義塾大学の盛田ゆかりさん、慶應義塾大学自然科学研究教育センターの山本亮さんには評価実験にご協力いただきました。慶應義塾大学の岩田いづみさんは事務担当として研究を支えていただきました。実験協力者の皆様には、評価実験やヒアリングにおいて、貴重なご意見等をいただきました。ここに記して謝意を表します。

【文献】

- Craig, J.C. & Johnson, K.O. (2000). The two-point threshold: not a measure of tactile spatial resolution. *Current Directions in Psychological Science*, 9, 29–32.
- Legge, G.E., Madison, C., Vaughn, B.N., Cheong, A.M.Y. & Miller, J.C. (2008). Retention of high tactile acuity throughout the lifespan in blindness. *Perception and Psychophysics*, 70, 1471-1488.
- Legge, G.E., Madison, C. & Mansfield, J.S. (1999). Measuring Braille reading speed with the MNREAD test. *Visual Impairment Research*, 1, 131-145.
- 牟田口辰巳 (1998) . 点字読み熟達者のラテラルティ. 第 24 回感覚代行シンポジウム発表論文集, 171-174.
- 佐藤・川内 (2000). 能動的触察条件における点字のレジビリティの検討. *特殊教育学研究* 38(2), 53-61.
- Stevens, J.C., Foulke, E. & Patterson, M.Q. (1996). Tactile Acuity, Aging, and Braille Reading in Long-Term Blindness. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(2), 91-106

資料集
(主要な参考文献)

- Legge, G.E., Madison, C., Vaughn, B.N., Cheong, A.M.Y. & Miller, J.C. (2008). Retention of high tactile acuity throughout the lifespan in blindness. *Perception and Psychophysics*, 70, 1471-1488.
- Legge, G.E., Madison, C. & Mansfield, J.S. (1999). Measuring Braille reading speed with the MNREAD test. *Visual Impairment Research*, 1, 131-145.
- Stevens, J.C., Foulke, E. & Patterson, M.Q. (1996). Tactile Acuity, Aging, and Braille Reading in Long-Term Blindness. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(2), 91-106

Ⅲ.

開発成果の公表に関する一覧表

開発成果の公表に関する一覧表レイアウト

発表者氏名	展示会名	主催者	開催期間	開催場所
福田憲二郎, 栗原一徳, 横田知之, 関谷毅, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, 杉野卓司, 安積 欣志, 池田征明, 桑原博一, 山本達也, 瀧宮和男, 福島孝典, 相田卓三, 染谷隆夫	2010年 第71回 応用物理学会学術講演会 “SAM絶縁膜有機TFTとカーボ ンナノチューブアクチュエータ 集積化による4V駆動点字ディ スプレイ”	応用物理学会	2010年 9月14日～17日	長崎大学

IV.

開発成果の公表に関する刊行物・別刷

書籍・雑誌など

公表者氏名	タイトル名	書籍・雑誌名	巻号	出版社名	出版地	出版年	ページ
福田憲二郎	Thermal stability of organic thin-film transistors with self-assembled monolayer dielectrics	APPLIED PHYSICS LETTERS	96	APPLIED PHYSICS LETTERS	U. S. A	2010	053302
関谷毅、 福田憲二郎、 染谷隆夫	シート型点字ディスプレイ	アクチュエーター		シーエムシー出版	日本	2010年 12月	