

表 1 ナノカーボン高分子アクチュエータにおける、電極層成分の単層カーボンナノチューブのみの場合、およびポリアニリン微粒子、カーボンブラックを添加した場合の変位と電極伸縮率

素子	イオン 液体量	膜厚(mm) <三層>	電圧(V) <矩形波>	周波数(Hz)	変位(mm) 1mmW×5mmL	伸縮率(%)
CNT(50) (ヤング率:280MPa)	IL	106	2.0	0.1	0.59	0.49
				1.0	0.26	0.22
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:440MPa)	IL	162	2.0	0.1	0.56	0.72
				1.0	0.12	0.15
CNT/CB(50/40) (ヤング率:410MPa)	IL	137	2.0	0.1	1.0	1.1
				1.0	0.30	0.33
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:220MPa)	2IL	225	2.0	0.1	0.75	1.3
				1.0	0.45	0.5

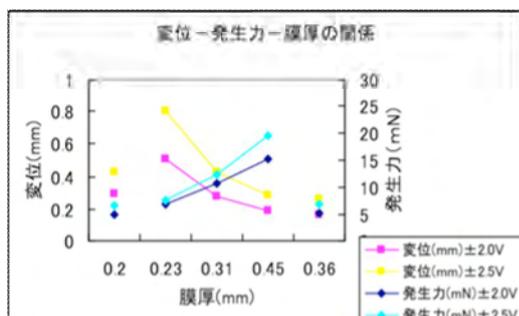
これら4素子の中で最大の伸縮率を示した。

表 2 CNT/poly-An(50/50)素子において、イオン液体量を変化させた場合の発生力と変位

素子	イオン 液体量	膜厚(mm) <三層>	電圧(V) <矩形波>	周波数(Hz)	発生力(mN) 2mmW×4mmL	変位(mm) 2mmW×4mmL
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:220MPa)	2IL EMIBF <sub>4</sub>	204	2.0	0.3	2.6	0.14
				0.1	4.9	0.29
				2.5	3.4	0.20
				0.1	6.7	0.43
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:99MPa)	3IL EMIBF <sub>4</sub>	356	2.0	0.3	3.7	0.091
				0.1	5.2	0.17
				2.5	5.7	0.15
				0.1	6.9	0.26

イオン液体量を 2 IL から 3 IL にすると、素子厚が増して、発生力はほぼ同じだが、力が減少する。

±2.0V or ±2.5V@0.1Hz



±2.0V or ±2.5V@0.3Hz

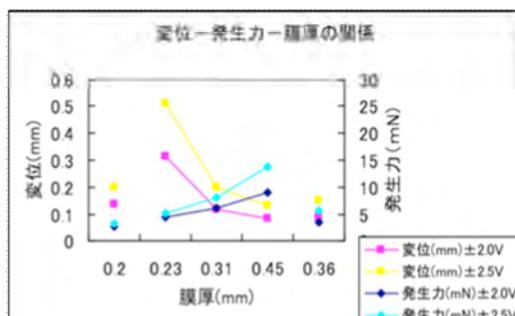


図6 CNT/poly-An(50/50),2IL 素子の変位、発生力特性の素子厚依存性

表3 CNT/poly-An(50/50),2IL 素子の素子厚を変化させた時の変位、発生力

素子	イオン 液体量	膜厚(mm) <三層>	電圧(V) <矩形波>	周波数(Hz)	発生力(mN) 2mmW×4mmL	
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:220MPa)	2IL EMIBF <sub>4</sub>	204	2.0	0.3	2.6	0.14
				0.1	4.9	0.29
				2.5	3.4	0.20
				0.1	6.7	0.43
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:***MPa)	2IL EMIBF <sub>4</sub>	232	2.0	0.3	4.6	0.31
				0.1	6.9	0.51
				2.5	5.4	0.51
				0.1	7.7	0.80
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:210MPa)	2IL EMIBF <sub>4</sub>	308	2.0	0.3	6.3	0.12
				0.1	11	0.28
				2.5	8.0	0.20
				0.1	12	0.43
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:180MPa)	2IL EMIBF <sub>4</sub>	454	2.0	0.3	9.1	0.088
				0.1	15	0.19
				0.01	19	0.51
				2.5	14	0.13
				0.1	20	0.28
				0.01	21	0.68

表4 CNT/CB(50/40)の電極組成において、素子厚とイオン液体量を変化させたときの発生力と変位

素子	改良点	膜厚(mm) <三層>	電圧(V) <矩形波>	周波数(Hz)	発生力(mN)		変位(mm)	
					<実験値> 2mmW×4mmL		<実験値> 2mmW×4mmL	
CNT/CB(50/40) (ヤング率:410MPa)	IL EMIBF <sub>4</sub>	145	2.0	0.3	2.0	0.28		
				0.1	2.1	0.40		
			2.5	0.3	2.3	0.50		
0.1	—	0.73						
CNT/CB(50/40) (ヤング率:300MPa)	IL EMIBF <sub>4</sub>	290	2.0	0.3	5.2	0.021		
				0.1	7.9	0.099		
			2.5	0.3	7.1	0.11		
0.1	10	0.20						
CNT/CB(50/40) (ヤング率:47MPa)	3IL EMIBF <sub>4</sub>	323	2.0	0.3	1.2	0.088		
				0.1	1.3	0.13		
			2.5	0.3	1.5	0.16		
0.1	2.1	0.20						

表5 CNT/poly-An(50/50)素子において、イオン液体を EMITFS に変化させた場合の結果

素子	改良点	膜厚(mm) <三層>	電圧(V) 周波数(Hz)		発生力(mN) 変位(mm)		
			<矩形波>		<実験値> 2mmW×4mmL		
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:162MPa) (導電率:9.5S/cm)	IL EMITFS	219	2.0	0.3	4.2	0.27	
					0.1	6.6	0.58
			2.5	0.3	4.9	0.39	
				0.1	7.5	0.75	
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:161MPa) (導電率:5.7S/cm)	2IL EMITFS	215	2.0	0.3	1.8	0.32	
					0.1	2.2	0.49
			2.5	0.3	2.2	0.51	
				0.1	2.8	0.81	
CNT/poly-An(50/50) (ヤング率:121MPa) (導電率:4.0S/cm)	2IL EMITFS	415	2.0	0.3	3.8	0.11	
					0.1	6.0	0.23
			2.5	0.3	4.8	0.16	
				0.1	7.4	0.32	

表6 CNT/poly-An(50/50)素子において、イオン液体を EMITFSI に変化させた場合と EMIBF<sub>4</sub>との比較

素子	改良点	膜厚(mm) <三層>	電圧(V) 周波数(Hz)		発生力(mN) 変位(mm)		
			<矩形波>		<実験値> 2mmW×4mmL		
CNT/poly-An(50/50) (比較例)	2IL EMIBF <sub>4</sub>	454	2.0	0.3	9.1	0.088	
					0.1	15	0.19
			2.5	0.3	14	0.13	
				0.1	20	0.28	
CNT/poly-An(50/50)	IL EMITFSI	450	2.0	0.3	1.9	0.019	
					0.1	2.6	0.03
			2.5	0.3	5.6	0.042	
				0.1	7.1	0.0485	

# 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト 分担研究報告書

点字デバイスプロトタイプ製作  
(高分子アクチュエータの点字デバイスへの応用に関する研究)  
研究分担者 アルプス電気(株) 阿部 宗光、高橋 功

## 研究要旨

当社(アルプス電気(株))は、産業技術総合研究所 安積先生、杉野先生、東京大学 染谷先生、関谷先生、慶應義塾大学 中野先生、新井先生らと共に、高分子アクチュエータを使った薄型点字デバイスの開発を行った。当社は、点字デバイスプロトタイプ製作を担当し、視覚障害者が実際に識字可能な「厚さ3mmの薄型点字デバイス(6文字)」と「携帯電話モック組み込み型の点字デバイス(24文字)」の2つの試作機を開発した。開発した点字デバイスは、慶應義塾大学によるユーザー評価実験で、一般の点字よりは触読効率は低いが識字は充分可能であると云う評価を得た。しかし、その一方、点字高さのばらつきや耐久性など課題も確認された。今後、アクチュエータ特性とデバイス構造の両面からこの改善に取り組み、実用化検討を進めていきたい。

## A. 研究開発目的

携帯電話にも装着可能な、薄くて軽量の点字ディスプレイを一般化させることで視覚障害者の日常生活の不便性緩和の一助とする為に、産業技術総合研究所(以下、産総研)と当社で共同研究中の薄くて軽い高分子アクチュエータを活用した点字デバイス試作機の開発、及び視覚障害による試作機のデモ評価を通じ、具体的な製品実用化に向けた技術開発を行うことを目的とする。

## B. 研究開発方法

### 1. 開発目標仕様の設定

申請段階時、開発する点字デバイスについて、産総研 安積先生と当社とで大凡の構想をまとめた。プロジェクトの正式発足に伴い、その構想をベースに、点字デバイスに深識のある慶應義塾大学(以下、慶應大学) 中野先生/新井先生、点

字デバイスの開発経験のある東京大学 染谷先生/関谷先生(いずれも、当プロジェクトメンバ)を交えて協議し、開発する点字デバイスの目標仕様の設定および課題の整理を行った。

### 2. 点字デバイスの構造開発

設定した点字デバイスの目標や考察した課題、および現状の高分子アクチュエータの実力値を基に、点字デバイスの構造を検討・立案した。ここで、アクチュエータ支持、通電、配線方法などの重要な周辺技術の検討を実施した。

### 3. ドライブ・コントローラの開発

アクチュエータを駆動するドライブ回路、それを制御するコントローラなどを含めた点字デバイスのシステム開発は、個々に予備実験を行いながら検討を進めた。点字翻訳については、慶應大学の監

修を受けながらプログラム開発を行った。

#### 4. 点字デバイス試作評価と改善

試作した点字デバイスについて、特性目標に対する評価や、課題の抽出および改善策の立案を行った。評価方法として、アクチュエータ特性は、レーザー変位計を使って変位量や応答性を評価し、フォースゲージを使用して発生荷重を評価した。点字デバイス特性の評価も、ほぼ同様の方法を用いたが、点字ドットの発生荷重は、アクチュエータ発生荷重の評価方法(ゼロ変位の状態で発生荷重を測定)では構造的に困難であったため、点字ドットを突出させた状態から、ゼロ変位まで押し下げる力を発生荷重とし評価する方法(図1)をとった。



図1 点字デバイス発生荷重測定

試作した点字デバイスは、プロジェクトメンバで評価後、慶應大学 中野先生や新井先生によって、視覚障害者によるユーザー評価を実施した。それら評価で得られた結果或いは問題点を考察し、次の点字デバイス試作機(試作2号機)の開発を行った。

#### 5. 点字デバイス用アクチュエータ開発

点字デバイス性能の良し悪しの決め手となるのが高分子アクチュエータ特性であるため、点字デバイスの機構や駆動制御などの開発と平行し、産総研と連携し点字デバイス用のアクチュエータ開発を行った。その開発は、産総研と当社とで

研究開発施策を分担しそれぞれの成果(技術情報)の交換や、それぞれが検証した有効施策を組合せる形で進めた。

#### 6. 倫理面の配慮

当社担当の点字デバイスの研究開発そのものについては、研究対象者と直接的な関わりはなく倫理面の配慮は対象外と判断される。対象となるのは、試作したデモ機を使っての視覚障害者デモ評価の立会い時となる。これについては、視覚障害者へのユーザー評価実験およびニーズとシーズのマッチング調査を担当する慶應大学 中野先生、新井先生に一任し、その管理・指揮の下、評価実験が実施されているため、十分な倫理面の配慮がなされたものと判断している。

#### C. 研究開発結果

最初に、点字デバイス開発に使用する高分子アクチュエータについて、簡単に説明する。

この高分子アクチュエータは、一般に、カーボンナノチューブ高分子アクチュエータ、或いはイオン導電ゲル型高分子アクチュエータなどと呼ばれる。本方式は、産総研 安積先生、相田空間プロジェクト 福島先生(現 理化学研究所)らが発明・開発したものである。この高分子アクチュエータは、図2.0や図2.2に示す様に、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2.1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。

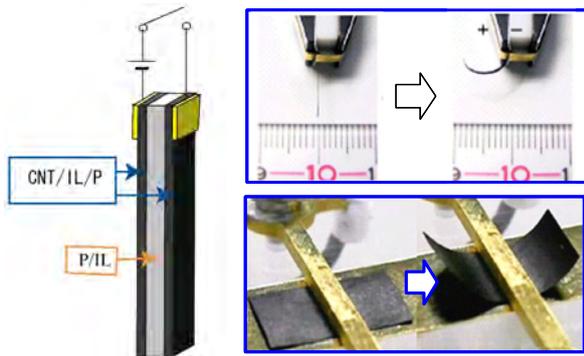


図 2.0 外観 図 2.1 アクチュエータの変位動作

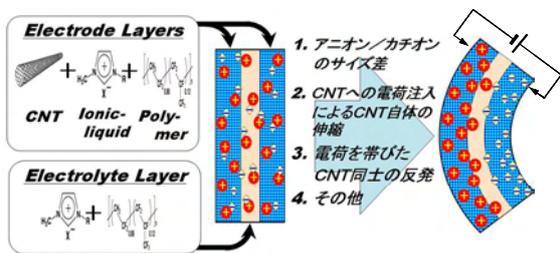


図 2.2 アクチュエータの構造と動作原理

### 1. 開発目標仕様の設定

開発する点字デバイスの目標仕様や機能は、産総研、東京大学、慶應大学、アルプス電気から成るプロジェクトメンバーが集まり協議し決定した。

#### 1.1 点字ドットの仕様

視覚障害者が識字可能な点字ドットの高さとし発生荷重とされる次の仕様を目標とした。

- ・高さ：0.3mm以上
- ・発生荷重：3gf以上

また、点字の突出部の形状が識字率に影響を与える（慶應大）との指摘から、当初想定していた半球状の形状から、識字率が良いとされる図3の形状（慶應大提案）にできるだけ近いものとする事とした。その他、識字率に影響を与えるものとして、

- ・点字ドット高さと、そのばらつき
- ・点字ドット発生荷重と、そのばらつき

- ・点字デバイス表面の材質（識字の際、指が摺動する部分）

などが慶應大 中野先生、東京大学 染谷先生より挙げられ、高分子アクチュエータの特性向上と共に、開発課題とした。

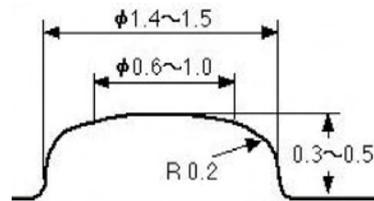


図 3 理想とした点字ドット形状（側面図）

### 1.2 点字サイズ

当初、国内標準的な以下の点字サイズを点字デバイス開発仕様として定めた。

- (1-4) 点間 : 2.13mm
- (1-2) 点間 : 2.37mm
- (4-1) マス間 : 3.27mm
- (3-1) 行間 : 9.17mm

しかし、後のデバイス構造検討で、その困難さが明らかとなった為、1回目の試作については次の仕様に改めた（詳細後述）。

- (1-4) 点間 : 3.0mm
- (1-2) 点間 : 3.0mm
- (4-1) マス間 : 4.5mm
- (3-1) 行間 : 14mm

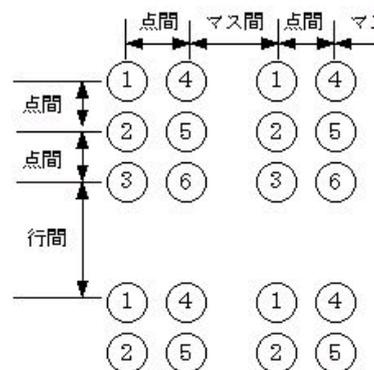


図 4. 点字（点間、マス間、行間）