

平成 21 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「大型表示パネル用 3D センサーの高精細化・高機能化」

研究開発成果等報告書

平成 22 年 3 月

委託者 近畿経済産業局

委託先 財団法人京都産業 21

第1章 研究開発の概要

マイクロドットスペーサ (MDS) の材料、形状、配列及び感圧抵抗シートの素材、抵抗構造等の研究を通じて、微細加工技術と新抵抗素材を融合し、より高精細で透明性のある 3D センサーを達成する。書く、サインする、触れる、押す、たたく、両手で触るなどのより自然なヒューマンインターフェースを持った入力デバイスを搭載した大型電子情報パネルの実験機を製作し、高精細化、高機能化を実証した。

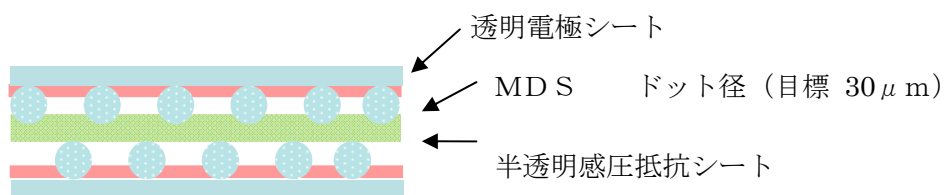
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

研究開発の背景

情報家電の高度情報通信ネットワークが進展する中で、通信インフラと融合したインタラクティブな大型電子情報パネルの普及は必要不可欠である。そのためには新しいヒューマンインターフェースを指向した入出力センサーデバイスの高精細化・高機能化が求められる。この大型電子情報パネルは、多人数が大画面で情報を双方向で共有できることが重要で、会議システム、電子掲示板、ゲーム、広告媒体、などの用途では、たとえば、会議で使用する図面、映像、写真が参加者の要求に応じてワンタッチで瞬時にズームングやトリミングできること、また電子掲示板では、きれいな筆圧表現された個性的な文字入力、個人識別サインの要求がある。大画面映像を取り入れたゲームでは画面に直接触れた感覚にあわせた映像表現ができることが重要であり、i-phone のように、誰でも簡単に入力できるポインティングデバイスの大画面化が求められている。

研究の目的 及び目標

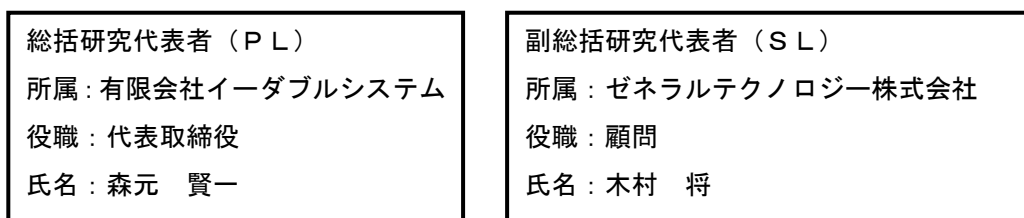
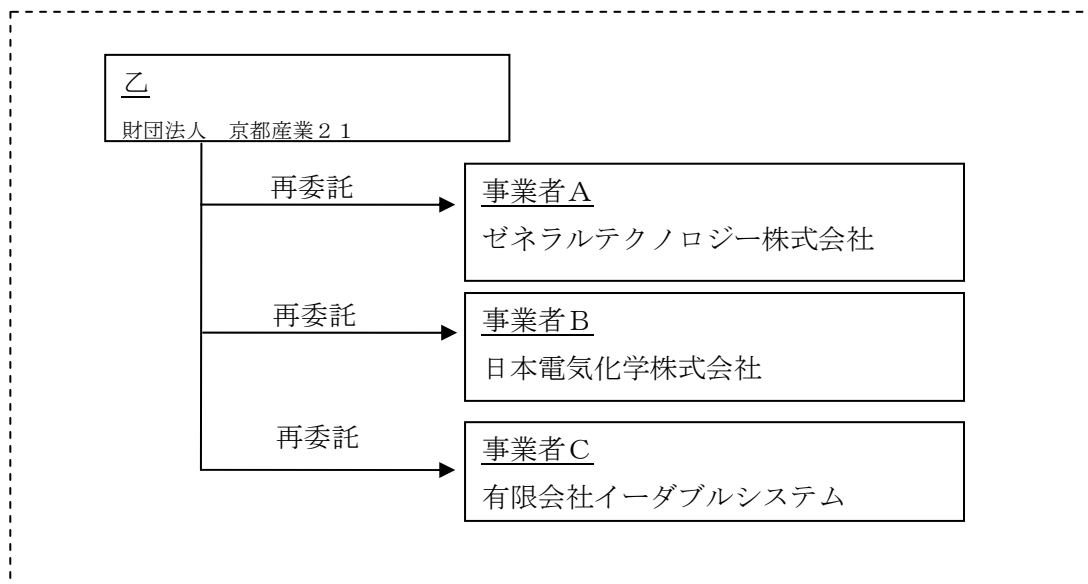
大画面・高精細なハイビジョンリアプロジェクションディスプレイに適合できる 3 次元タッチセンサーデバイス（以下 3D センサーという）を開発する。



リアプロジェクション用 3D センサーの構造

1－2 研究体制

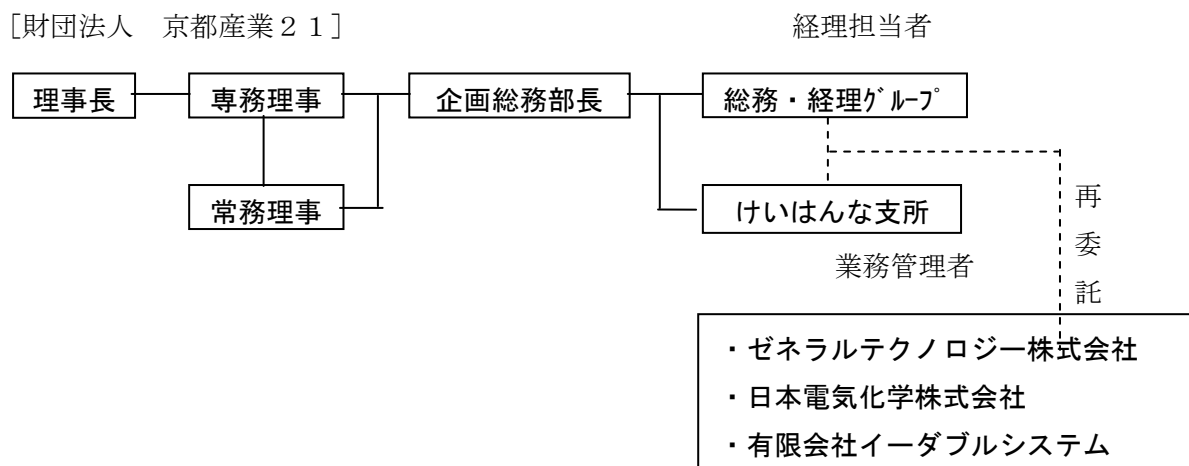
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

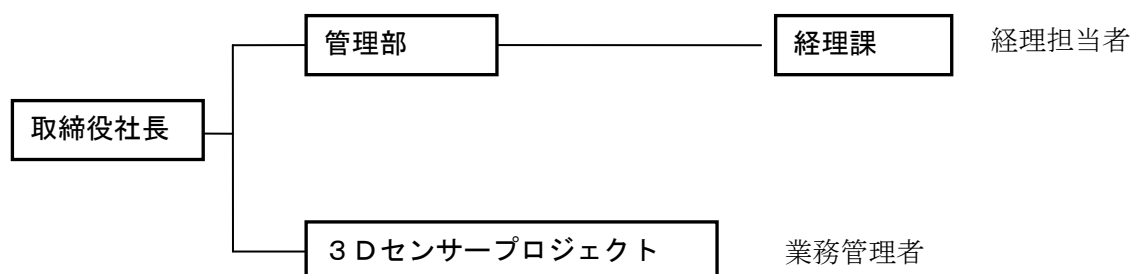
①事業管理者

[財団法人 京都産業 2 1]

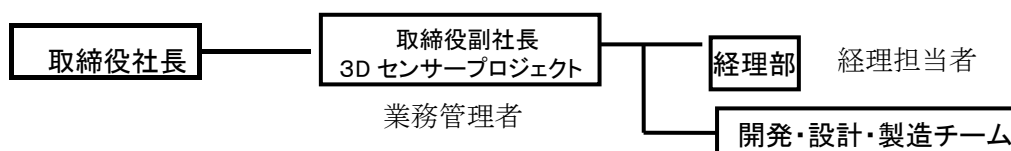


②（再委託先）

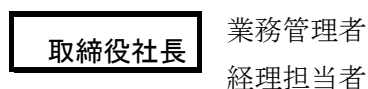
ゼネラルテクノロジー株式会社



日本電気化学株式会社



有限会社イーダブルシステム



3) 研究者・協力者

（研究者）

ゼネラルテクノロジー株式会社

氏 名	所属・役職	備考
木村 将	商品開発部 顧問	副統括研究代表者
吉田 勝弘	商品開発部 主任研究員	
井上文司	商品開発部 チームリーダー	
松永祐亮	商品開発部 研究員	

日本電気化学株式会社

氏 名	所属・役職	備考
小林 大二	取締役副社長	
上島 保夫	常務取締役	
小林 慶明	電子機器製造部長	

桂 澄夫	企画部企画開発課 課長	
麦田 雅和	電子機器製造部 設計開発課 課長	
吉岡 良樹	電子機器製造部 設計1課 課長	
西田 和信	電子機器製造部 設計1課	

有限会社イーダブルシステム

氏 名	所属・役職	備考
森元 賢一	代表取締役	統括研究代表者

(協力者)

アドバイザー 独立行政法人中小企業基盤整備機構近畿支部
産学官連携コーディネートチーム コーディネーター 上田 薫

アドバイザー 京都府中小企業技術センターけいはんな分室 室長 松永 行利

1-3 成果概要

我々は3Dセンサーの導電性・微細化の高度化、光透過の高度化 及び 電気特性の向上の高度化に取り組み、以下の成果を得た。

導電性・微細化の高度化の結果、30 μm 以下のドット径によるマイクロドットスペーサ (MDS) の形成をコーティングの手法にて形成し、MDSとしての機能を確認した。しかし場所によって安定性が乏しいことも明らかになった。ドットの大きさ・ドット材質の検証を通じて、3Dセンサーに適合できる条件を抽出して、UV硬化弱粘着樹脂にて0.6mm径で高さ100 μm のドットを形成した銅メッシュ電極シートを製作し、3Dセンサーの機能を実証した。また、導電性の向上に取り組み、試作した3Dセンサーの耐久試験を行い、押圧（6N）で10万回のこすり試験に耐えることを明らかにした。ポリエステル基布の両面に熱カレンダー処理することにより感圧抵抗シートの平滑化を行って、導電性（感度）が向上することが確認出来た。

次に光透過の高度化に取り組み、透明感圧抵抗シートの導電材料はカーボンナノチューブ（CNT）が最適材料であることを突き止め、このCNTをカレンダー処理したポリエステル基布にコーティングして、透明感圧抵抗シートを製作し、透過率40%まで達成できた。今後更なる向上を目指す。このCNTによる半透明感圧抵抗シートと0.6mmの透明ドット電極シートを使用した3Dセンサーを試作した結果、感度、精度とも良好な動作が確認できた。

センサー制御の電気特性の高度化に取り組み、感圧抵抗シートおよびドット電極シートがセンサー信号に及ぼす影響を検証し、センサー信号の平均化によるノイズ低減と、信号処理時間の最適化によって制御の最適条件を抽出した。

以上の成果をシステムで検証するため、3Dセンサーを搭載した60インチハイビジョンリアプロジェクターとこれらを制御する電子制御基板を製作し、高精細化・高機能化を評価するアプリケーションソフトを使って、3Dセンサーが大画面・高精細なディスプレイに適合できるかの検証を行い、京都最大規模のビジネスイベント「京都ビジネス交流フェア2010」（主催：京都府及び（財）京都産業21、平成22年2月18～19日、京都パルスプラザ）に出展して、第3者の評価を得た。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

財団法人京都産業21 けいはんな支所 所長 金田 修

Tel:0774-95-5028 Fax:0774-98-2202

E-mail:kanada@ki21.jp

第2章 本論

2-1. ドットの微細化

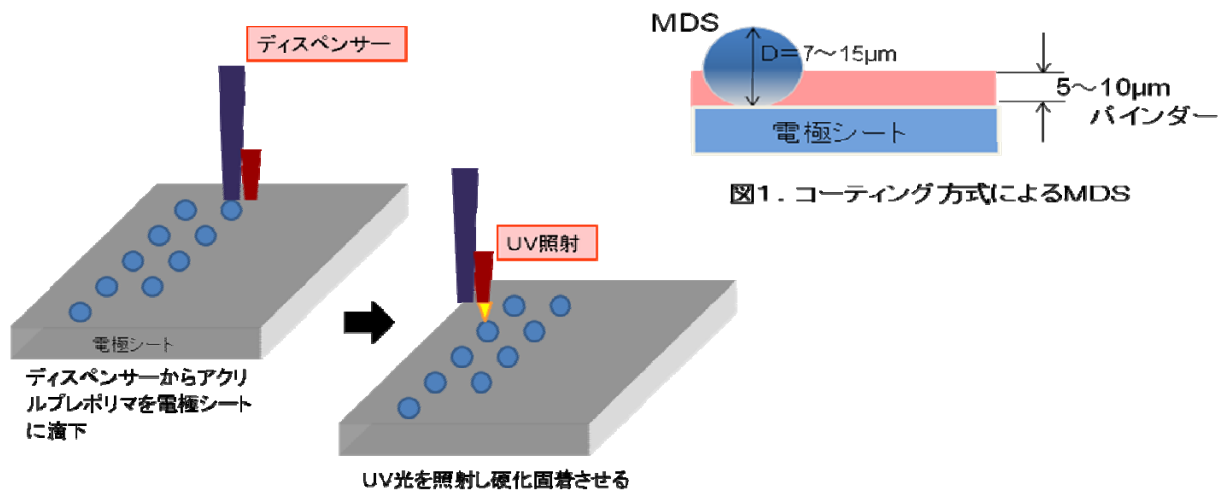
2-1. 1 マイクロドットスパーサ (MDS) 形成

ドットスパーサを小径化 ($30\text{ }\mu\text{m}$) しマイクロドットスパーサ (MDS) を形成するために有機ポリマーの選定を行った。市販品であるアクリルポリマー粒子 (D社製ラブコロール230 クリヤー 粒径 $9\text{ }\mu\text{m}$)、シリコンポリマー粒子 (G社製トスパール1100 粒径 $11\text{ }\mu\text{m}$)、ウレタンポリマー粒子 (D社製UCN-8070 CMクリヤー 粒径 $7\text{ }\mu\text{m}$) などがあるがMDSに完全弾性体挙動 (押圧により変形し抜圧により完全に形状が復元する) があれば理想であるため、その性質を保有するウレタンポリマー粒子 (表1) を選定した。電極シート (AL蒸着PET 厚み $100\text{ }\mu\text{m}$) 上にコーティング方式 (図1) により形成する。

表1. ウレタンポリマー粒子

製品名	UCN-8070
メーカー名	D社製
平均粒径 (μm)	7
硬度 (JIS)	74
変形回復率 (%)	90

2-1. 2 ディスペンサー方式によるMDS形成



UV硬化型であるアクリルプレポリマー (J社製強粘着、弱粘着、非粘着) やホットメルト型ポリマー (S社製強粘着) を使用しポッティング (図2. ディスペンサー方式) により電極シート上に形成した。

ポッティングでは位置決め動作をプログラムでコントロール出来る、XYZ軸を有するディスペンサー装置を利用した。

XYZ軸装置概要

ドットスペーサ形成のための塗剤のポッティングは、X Y Z 軸を有する単軸ロボットによる位置決め制御とディスペンサーによる塗剤の吐出制御が連動して、規則的にMDSを形成できる装置を検討した（図3）。

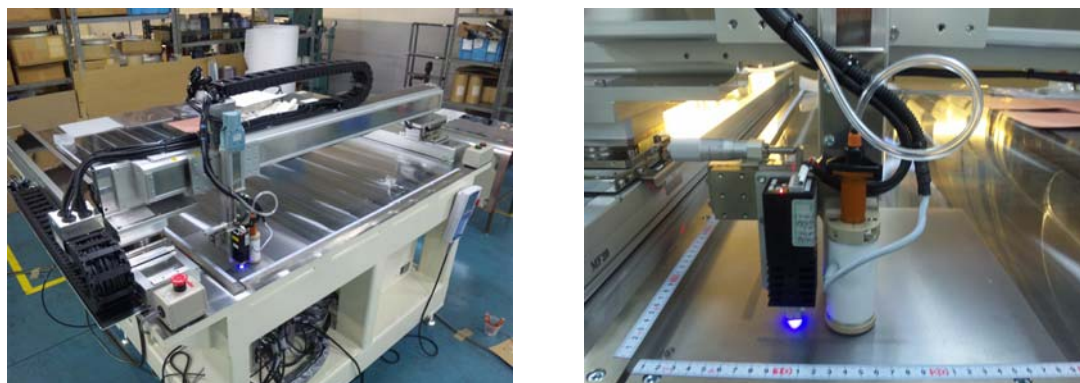


図3. ディスペンサー装置

2-2. ドットスペーサの高精細化

2-2. 1. コーティング方式による形成

有機バインダー（D社製ウレタンポリマー）、MDS（N社製ウレタンポリマー粒子 UCN-8070 粒径 $7\mu\text{m}$ ）、導電性粒子（F社製Ag粒子 AgコートCu-HWQ 粒径 $5\mu\text{m}$ ）を配合し塗剤を作製した（表2）。

※導電性粒子の配合は押圧による導通を行うためのものである。

表2. MDS塗剤配合

	T-1	T-2	T-3	T-4
有機バインダー	15.5	12.4	7.5	1.9
ウレタンポリマー粒子	0.9	1.6	2.5	3.7
Ag粒子	3.6	6.0	10.0	14.4
溶媒(MEK/DMF=5/1)	80.0	80.0	80.0	80.0
合計	100.0	100.0	100.0	100.0
固形分	20.0	20.0	20.0	20.0
Ag粒子(vol%)	5	10	20	40
ウレタンポリマー粒子(vol%)	5	10	20	40

※MEK(メチルエチルケトン)、DMF(ジメチルホルムアミド)

各々塗剤（T-1～4）を電極シート（AL蒸着PET）に厚み3水準でコーティングしMDS付電極シートを作製し抵抗値を確認した（表3）。

表3. MDS付電極シート

単位 Ω

	塗剤厚(μm)	T-1			T-2			T-3			T-4		
		5	7	11	5	7	11	5	7	11	5	7	11
加重(g/cm^2)	0	10	∞	∞	10	15	∞	25	20	15	20	20	15
	88	15	45	∞	15	35	∞	20	10	8	15	13	10
	531	13	43	∞	12	33	∞	16	13	30	10	10	20
	973	25	47	∞	20	37	∞	8	19	12	7	9	10

MDS付電極シートの電氣的な挙動としては荷重フリー時には導通がなく抵抗値が無大であり荷重を加えることにより導通し一定の抵抗値を示すことが必要である。T-3、4は金属粒子の体積比率が20%、40%であり20%以上になると塗膜の表層に金属粒子が現れ絶縁状態が得られないものとする。T-1については塗膜厚が11 μ mでは金属粒子が埋没しており、塗膜厚が5 μ mでは露出状態となり上記の電氣的挙動を達成するためには塗膜厚7 μ mが良好であると推察する。ただ、MDSと金属粒子が局在化する傾向があるため抵抗値の面内バラツキが大きいという欠点があった。

2-2. 2. ディスペンサー方式による形成

UV硬化型の塗剤は、吐出後に直ぐUV光照射による硬化をさせなければならない。このためディスペンサーの吐出と連動したタイミングで照射時間を設定できる装置とし、動作パターンも吐出後にUV光が照射されるように制御している。ホットメルト塗剤はヒーター付ディスペンサーを使用することにより塗剤を溶かし温度コントロールすることで粘度を調整しポッティングが可能となる。

表4に吐出テストに使用したメディアの種類を示す。

表4. メディアの種類

メディア種類	厚み(μ m)
銅格子状フィルム電極シート	230
アルミベタ電極シート	130
銅ベタ電極シート	130

表5にMDS形成に使用した塗剤の種類を示す。

表5. 塗剤の種類

塗剤種類	メーカー	品名	UV照射時間(sec)	加温温度(°C)
UV(弱粘)	J社	USL-101	1	20
UV(強粘)	J社	RAYTACK-10N	1	20
UV(非粘着)	T社	#30A	1	20
HM接着剤	S社	A-10	未使用	200

メディアの種類によるMDSの形状は銅の格子型フィルム電極シートに吐出したUV硬化弱粘着樹脂タイプの塗剤は格子の溝に入り込み、ドットが丸く形成されないが、アルミベタ電極シート・銅ベタ電極シートは表面が平らになっているため、ほぼ全てにおいてドットは綺麗に形成されることを検証した(図4-1~3)。



図4-1. 銅の格子状フィルム電極シート



図4-2. アルミシート



図4-3. 銅シート

図5はXYZ軸装置で吐出したドットの3D画像、ピッチを測定したものを示す。高さ・ピッチともに $\pm 5 \mu\text{m}$ 以内のドットが形成できているのが分かる。

吐出時間に対してのドットサイズについて、テストワーク(200mm×200mm)に3350個吐出したときの、スタート・中間・エンドを各10個ずつ測定した精度の比較が図6、7になる。

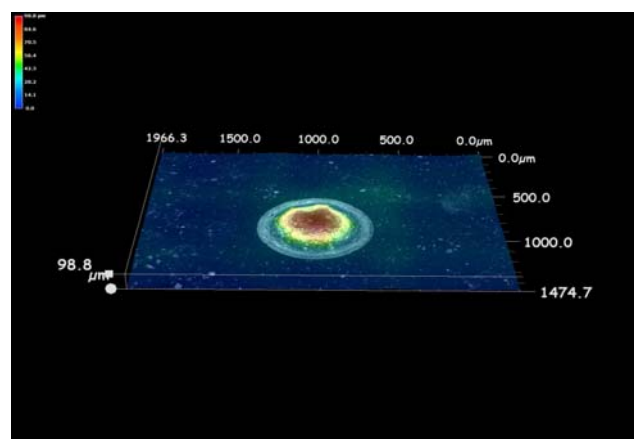


図5. ドット 3D画像

図7は外径 $\phi 600 \mu\text{m}$ ×高さ $100 \mu\text{m}$ の設定でドット寸法のバラツキを調べた結果で、スタート時の外径精度がやや不安定であるが、これはXYテーブルに密着させるメディアの精度、ディスク

ペンサーを取り付ける時の締め付けによる容器内圧力の変化、外径測定時の誤差も原因の一つに考えられる。

図6 吐出時間とドットサイズ

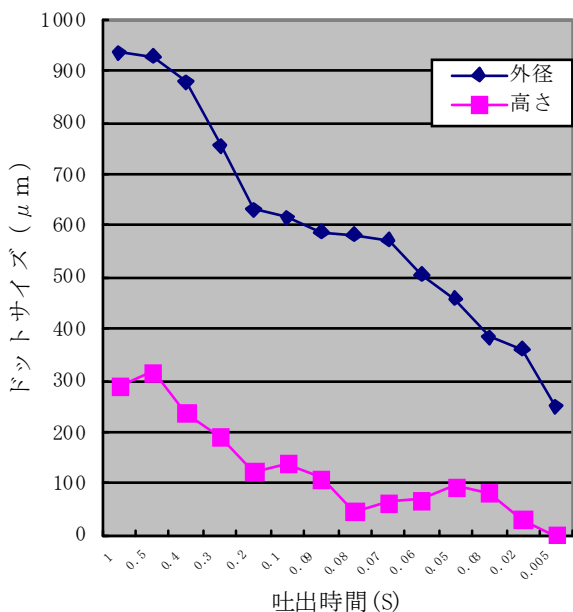
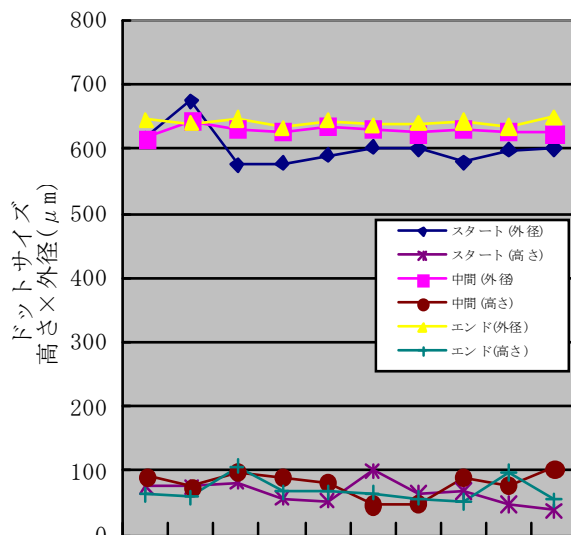


図7 ドット精度



吐出テストの結果より、ポットイング方式はUV硬化型の塗剤に適した装置であると言え、UV硬化樹脂でのMD S形成にて、外径・高さともに優れていることが検証出来た。

2-3. MDS の形状と強度の検証

MD Sを形成するためにコーティング方式を検証した結果、MD Sを所定の位置に形成することが困難であり局在化した状態となりMD S付き電極として電氣的機能に問題があることが判明した。そのため、最善のディスペンサー方式により形成したMD Sの形状と強度の検証を実施した。MD Sの形状は光学顕微鏡により観察した写真を示した。

2-3. 1. 3Dセンサーの押し圧（6.7 N）に対する強度について

強度についてはラビングテスト（図8）を10万回行い、1万回毎の抵抗値を測定しスタート時の抵抗値との比較を行った。

評価機：安田精機製作所クロックメータ

摩擦子：スチールボールφ10mm

荷重：680g

往復回数：10万回



図8. ラビングテスト

MDS材質が強粘着のセンサーはZ方向抵抗値が100倍以上に高くなり10万回の耐久力が無かった。MDS材質が非粘着及び弱粘着のセンサーは抵抗値が10倍程度高くなる傾向があるが正常に動作する範囲で10万回の耐久力があることを確認した。

2-4. 導電粒子の形状と導電性がスペーサ機能に及ぼす影響の検証

2-4. 1. 導電粒子の形状について

導電粒子形成はF社製Agペーストを用いた。この導電粒子については銅格子で塗剤広がりの悪いメディアに塗布したものであるが、塗剤の揮発性が高く、初期は良好なドットが形成出来たが時間の経過と共にノズルが詰まり吐出した塗剤が拡散しドット径が広がり高さも低くなり写真の様に安定した形状のドットが得られなかった。

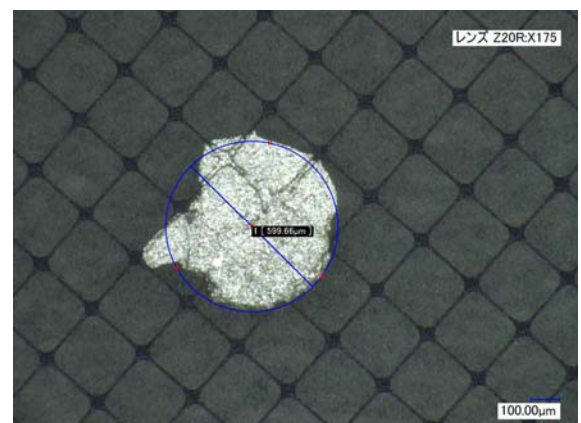
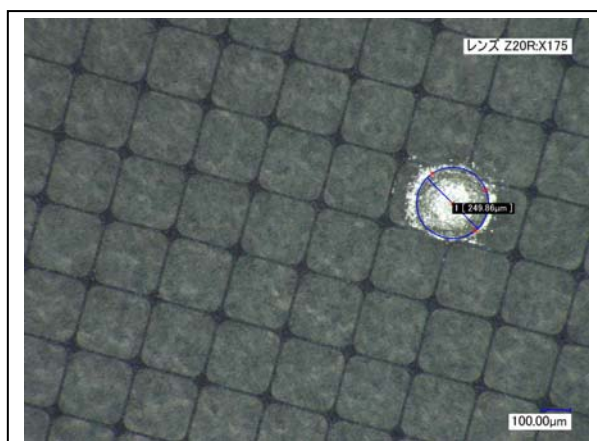


図9. Agペーストのドット画像

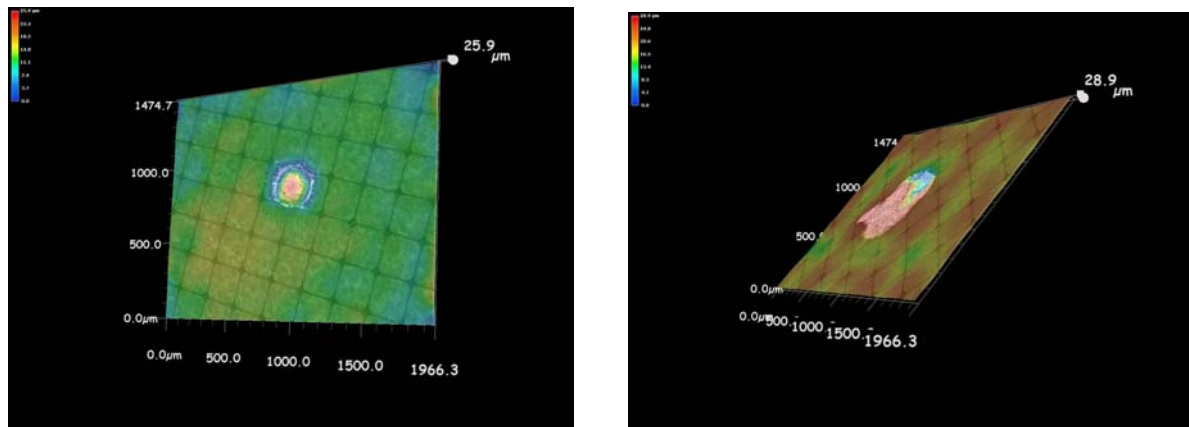


図 1 0 . A g ペーストのドット画像

ポットティング方式で導電性粒子を形成するには乾燥性が遅く、ドット形成後は瞬時に乾燥又は硬化する塗剤が必要である。

2－4． 2． 3 D センサーの導電性能に及ぼす影響について

ポットティング方式で製造した 3 D センサーの電極材質及び導電粒子が Z 方向導電性に対する影響を検証した。この結果、電極材質では銅格子電極・銅ベタ電極・アルミベタ電極の順に導電性が低下することを見出した。銀導電粒子を設けたドット電極シートは Z 方向抵抗値が大幅に低く（高感度）なることを見出した

2－5． M D S と導電粒子の配列及び接着方法

2－5． 1． M D S と導電粒子の配列の規則性について

コーティング方式でのドットスペースは導電粒子の配列を均一にすることは困難であった。また配列が不均一の為、動作も不安定であった。ディスペンサー方式では絶縁粒子と導電粒子を均一に配列することが出来、導電粒子を設けることにより感度が高くなることを見出した。

2－6． 感圧抵抗シートの平滑化

感圧抵抗シートの平滑化を行うため基材表面のカレンダー処理を実施した。

光学顕微鏡による表面写真を図 1 5－1～8 にカレンダー処理条件・物性を表 1 2 に示す。

表6. 各種ポリエステル生地のカレンダー処理条件

ポリエステル生地	カレンダー処理	厚み(μm)	坪量(g/m ²)	ベック平滑度(s)
WEV-1	なし	106	77.1	5
WEV-2	表面(1回)	91	80.8	15
WEV-3	表面(1回) + 裏面(1回)	80	80.2	28
WEV-4	表面(2回)	88	80.8	25

2-7. 透明電極シート

PET基材（厚み $100\mu\text{m}$ ）に銅箔（厚み $20\mu\text{m}$ ）を張り合わせた銅張り基板をエッチングにより得られたマイクログリッド電極シートを用いることにより導電性能と透明性の両立を図った。

以下に光学顕微鏡写真（図11）と性能値を示した。

形状：ライン $11\mu\text{m}$ 、スペース $272\mu\text{m}$ （光学顕微鏡キーエンス製VHX-1000）

表面抵抗率 ρ_s ： $0.3\Omega/\square$

(SANWADIGITALMULTIMETER PC520M)

透過率 T ： 79% <MACBETH TD904>



図11. マイクログリッド電極

2-8. 透明感圧抵抗シートの導電性材料の選定

2-8. 1. 導電材料の分類

導電材料をカーボン系、有機ポリマー系、金属酸化物系に分類した。

(1) カーボン系

- ・ J社製 カーボンナノファイバー (CNF)
- ・ U社製 カーボンナノチューブ (CNT)

(2) 有機ポリマー系

- ・ N社製 ポリアニリン (PAN)
- ・ S社製 ポリピロール (PPY)

(3) 金属酸化物系

- ・ M社製 ITO (Indium Tin Oxide)
- ・ I社製 アンチモンドープ酸化錫 (ATO)

2-8. 2. 導電性能と透明性の評価

2-8. 1. で選定した導電材料の導電性能および透明性を評価するためにPETフィルム（厚み $100\mu\text{m}$ ）にコーティングし体積抵抗率 ρ_v と透過率 T による比較を行った（表9）。

計算式： $\rho_v(\Omega\cdot\text{cm}) = \rho_s(\Omega/\square) \times t(\text{cm})$ 表面抵抗率 ρ_s 、コーティング膜厚 t

体積抵抗率についてはPETフィルム上の塗膜から得られる表面抵抗率により算出される数値で示した。

一方、透明性については可視光領域（ $\lambda = 550\text{nm}$ ）でのPETフィルムと塗膜の透過率を測定し比較した。測定機器は以下のものを使用した。

表面抵抗率：SANWADIGITALMULTIMETER PC520M

透過率：MACBETH TD904

表7. 導電材料の導電性能と透過率比較

	CNF	CNT	PAN	PPY	ITO	ATO
メーカー	J社	U社	N社	S社	M社	I社
膜厚(μm) (コーティング)	2.5	0.6	0.8	0.4	9.4	14.2
表面抵抗率 ρ_s ($\Omega/\square$)	5.4×10^2	4.2×10^2	1.1×10^2	4.5×10^3	2.4×10^4	3.1×10^6
体積抵抗率 ρ_v ($\Omega \cdot \text{cm}$)	1.3×10^{-1}	2.4×10^{-2}	8.8×10^{-3}	1.8×10^{-1}	2.3×10^1	7.4×10^2
透過率T (%)	<1	75.9	60.3	38.9	83.2	61.7

※透過率はPETフィルム(100μm)を含む数値。

表7の結果より導電性能の指標である体積抵抗率と透明性の指標である透過率で両者の性能が比較的良好であるCNTを選定した。

CNT形状については電子顕微鏡写真を下に示した。

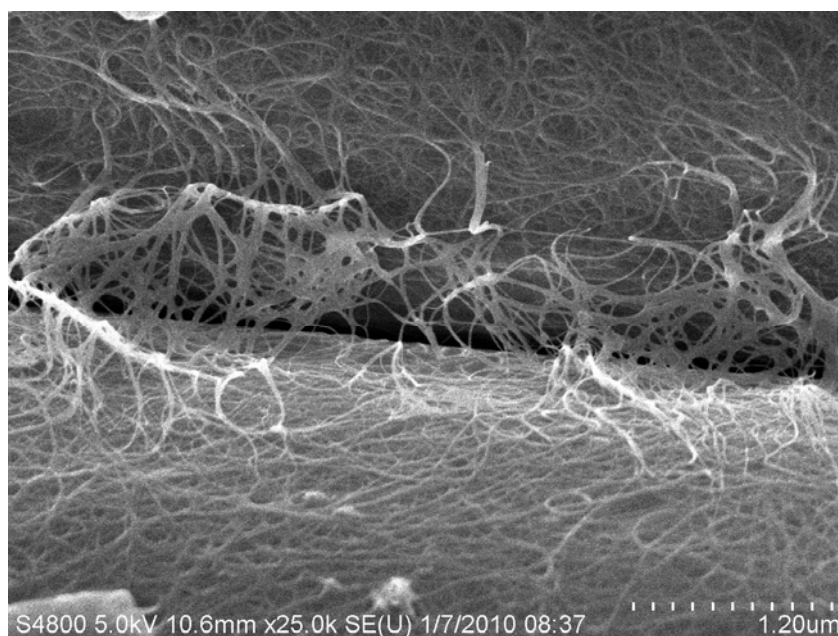


図12. U社製CNT

2-8. 3. CNTによる感圧抵抗シート試作

2-8. 2. で選定したCNTの大判試作を実機で実施した。

<実機テスト>

感圧抵抗シートの平滑化を目的とし表裏面カレンダー処理により表裏面の平滑化を図ったPETs基布を用い試作を実施した。

目的：①塗工適性確認 ②感圧抵抗シートの抵抗値(縦1.5m) 10～20kΩ設定

塗布機：感光乳剤塗布機(バケット塗布方式)

インク：CNTインク(NV=0.67%)

※原液（NV＝1％）を水で希釈後、Coating Aid 添加し、ろ過を実施。

生地：cf.①PEs 基布(#71、厚み 106 μ m)＜カレンダー処理なし＞

②カレンダー処理 P E s 基布(# 7 1、厚み 8 0 μ m) ※表裏面カレンダー処理

表 8．実機テスト試作品

試作品	基布	塗剤	固形分 (%)	塗布速度 (m/min)	塗布回数 (回)
NO. 21	PEs(#71)カレンダー処理なし	CNTインク	0.67	3	2
NO. 22	〃	〃	〃	3	2
NO. 23	〃	〃	〃	3	2
NO. 24	〃	〃	〃	3	2
NO. 25	PEs(#71)表裏面カレンダー処理	〃	〃	3	3
NO. 26	〃	〃	〃	3	2
NO. 27	〃	〃	〃	4	2
NO. 28	〃	〃	〃	4	3
NO. 29	〃	〃	〃	5	2
NO. 30	〃	〃	〃	5	3

＜抵抗値・表面抵抗率測定＞

表 9．試作品の抵抗値・表面抵抗率

シートNO.	NO. 21	NO. 25	NO. 26	NO. 27	NO. 28	NO. 29	NO. 30
コーティング回数(回)	2	3	2	2	3	2	3
塗布速度(m/min)	3	3	3	4	4	5	5
透過率T(%)	33.9	31.6	34.7	34.7	31.6	35.5	31.6
抵抗値(縦1.5m)(Ω)	4.7×10^3	7.3×10^3	1.8×10^4	2.2×10^4	1.3×10^4	2.4×10^4	1.3×10^4
抵抗値(横1.0m)(Ω)	3.8×10^3	4.9×10^3	1.2×10^4	1.5×10^4	6.5×10^3	1.6×10^4	8.6×10^3
表面抵抗率 $\rho_s(\Omega/\square)$	1.3×10^3	3.0×10^3	6.6×10^3	6.3×10^3	3.7×10^3	9.9×10^3	4.8×10^3

＜結論＞

・表裏面カレンダー処理した P E s 基布に対して概ね目標の抵抗値である 1 0 ～ 2 0 k Ω を達成できた。

2－9．高精細化 3 D センサーの試作

3 D センサーは、透明電極シートと感圧抵抗シート およびシールドシート、保護シート等を貼り合わせて製作する。

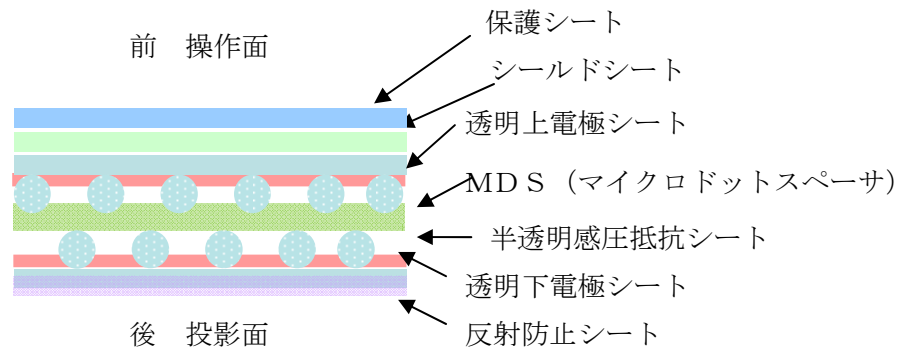


図13 リアプロジェクション用3Dセンサーの構造

2-9. 1 透明電極シートとシールドシートの貼り合わせ

2-9. 1. 1 透明電極シートとシールドシートの性能の検証

透明導電シート2枚を張り合わせ、一方を透明電極シートとして、他方をシールドシートとして用いた。T社製透明導電シートは、45度のバイアス角度を持つ銅エッチングメッシュした導電フィルムである。主な特性を以下に示す。

表10 T社透明導電シート

メッシュライン幅	メッシュピッチ	バイアス角度	表面抵抗	透過率
12 μ m	250 μ m	45 度	0.031 $\Omega/\square$	78.5 %

バイアス角度の異なる透明導電シートを新たに試作し、異なるバイアス角度を持つ2枚の透明導電シートを貼り合わせることでモアレを解決した。新たに試作したN社製透明導電シートの主な仕様は以下のとおりであり、34度のバイアス角度を持つ銀メッシュで形成されている透明導電シートである。

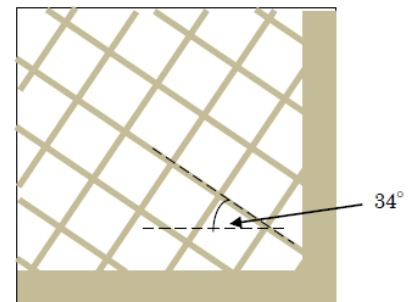


図14 バイアス角度

表11 N社透明導電シート

メッシュライン幅	メッシュピッチ	バイアス角度	表面抵抗	透過率
22 μ m	300 μ m	34 度	18 $\Omega/\square$	80 %

2-9. 2 3Dセンサーの試作

以上の結果を踏まえて、3Dセンサーを試作した。

試作N o. 1

縦横比 3 : 4 の普通タイプ

試作した900 x 1200 mmサイズの

3D センサーを図 15 に示す。

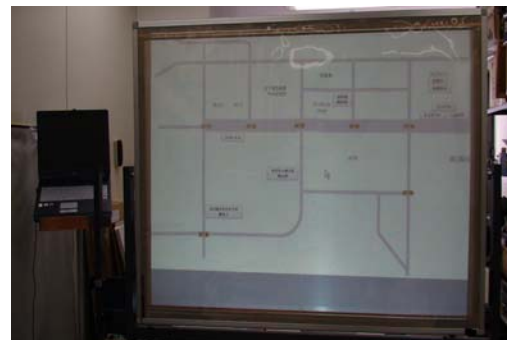


図 15 縦横比 3 : 4 の 3 D センサー

試作N o. 2

縦横比 9 : 16 のハイビジョンタイプ

試作した820 x 1400 mmサイズの

3D センサーを図 16 に示す。



図 16 縦横比 9 : 16 の 3 D センサー

そのX位置特性 と圧力特性を示す。

6箇所データを取った。

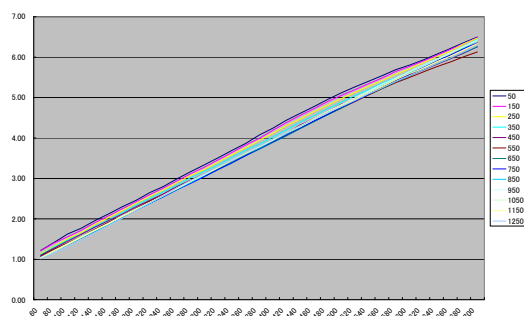


図 17 X位置特性

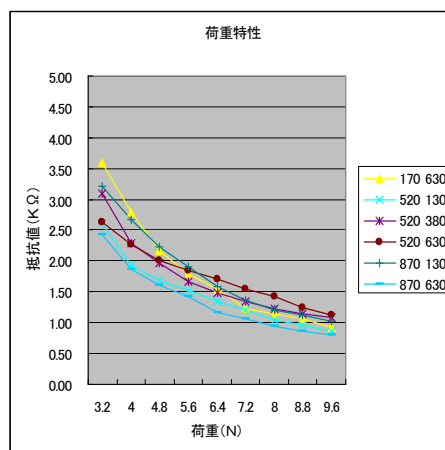


図 18 圧力特性

横軸はX座標、縦軸は位置検出電圧である。

パラメータは、Y座標の位置を取った。

横軸は荷重、縦軸は抵抗値である。

パラメータは、X,Y座標位置である。

3Dセンサーとして、良好な直線的な特性は得られた。

Y座標位置での検出値のばらつきは、制御回路で補正して改善する。

2-10. 精細化3Dセンサーの制御装置の設計

3Dセンサーとのインターフェース制御回路(組み込みソフトによる信号処理含む)を設計し、高精細表示装置に適合する制御設計を行った。

パソコンからの開始信号を受信し、3Dセンサーの位置座標情報(X、Y、)と圧力情報(Z)を順次走査する。取得データ(X、Y、Z)は制御回路内のCPUのA/D変換部(アナログ・デジタル変換)でデジタル信号に変換され、CPUからパソコンに所定フォーマットで転送する。

2-10.1 信号処理

たたく、押す、触れる等の動作に対する圧力情報の変化を図19に示す。図中の矢印は、圧力検知信号が変化している状況を表す。

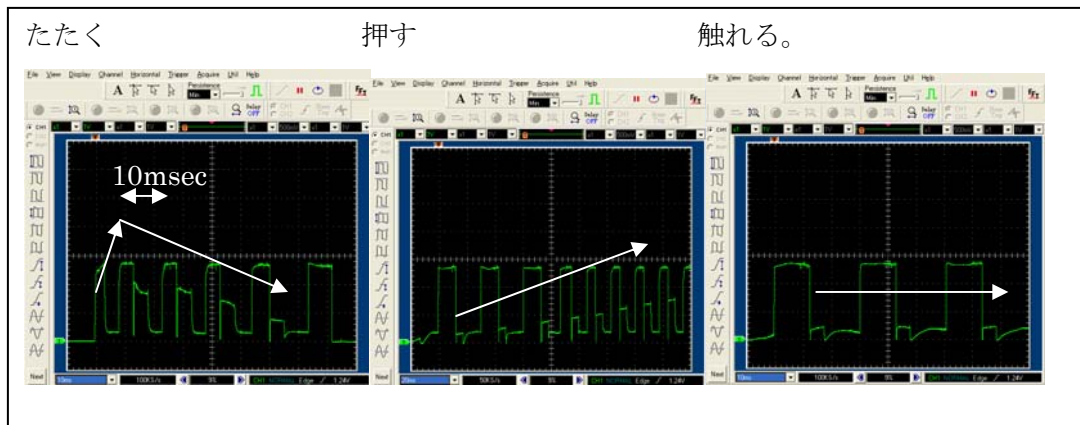


図19 動作に対する圧力検知信号

2-10.2 圧力感度のレベル変換処理

感圧抵抗シートの荷重に対する抵抗検出値は、図18で示したように指数曲線に近い値で得られる。従って、図18-1図に示すように縦軸の圧力検知電圧を対数表示すれば、荷重に対して直線的に変化する。3Dセンサーの圧力データは、荷重に対して直線に近い形で出力できるように制御装置によってソフト的に変換され、パソコンへの信号は補正したデータが送信される。パラメータは測定位置(単位mm)を示す。

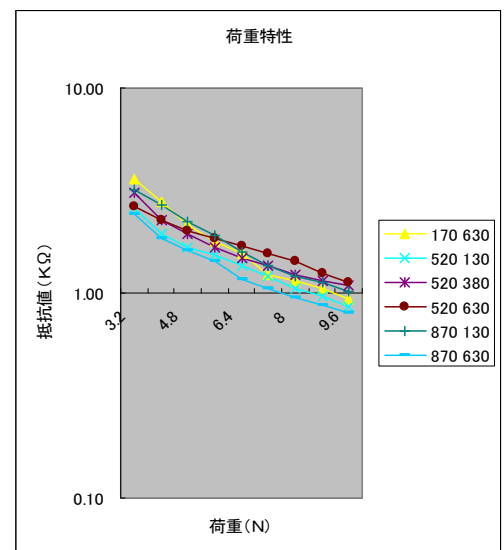


図18-1 3Dセンサーの圧力特性

2-10.3 圧力検査治具

X, Y位置検出データ 及び 荷重データの測定には、図20の専用圧力検査治具を使用した。中央に錘を載せる測定点があり、XY方向に移動できる構成で、3Dセンサーパネルの任意の点をX, Y座標検出、及び 圧力値を測定できる。

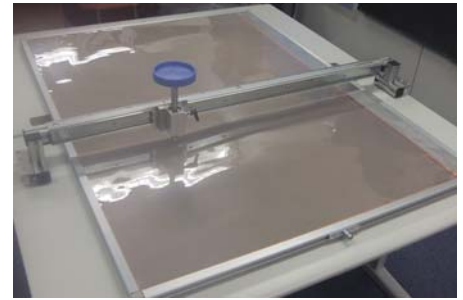


図20 専用圧力検査治具

2-11. 精細化3Dセンサーの制御装置の試作、評価

(1) 電子回路基板の構成

- ① リアプロジェクター装置の試作に対応した、制御電子回路基板の基板設計を検討した。3Dリアプロジェクターの高精細制御に適した基板にするため、ノイズ、AD変換処理などに重点をおいて設計した。ノイズ、AD変換処理を円滑に実施するための部品の採用および部品配置（図-21参照）を行った。
- ② 確実なノイズ対策として電子回路基板の多層化（電源・アース層を内層配置し、ノイズ発生を減少させた。）（図-22参照）を実施した。
- ③ ノイズ対策部品・AD変換用部品を採用し、かつ生産に適した部品選択の実施により、安価で信頼性の高い、電子回路基板を試作し、3Dリアプロジェクターに取り付け実地検証する。

パネル制御電子回路基板完成写真

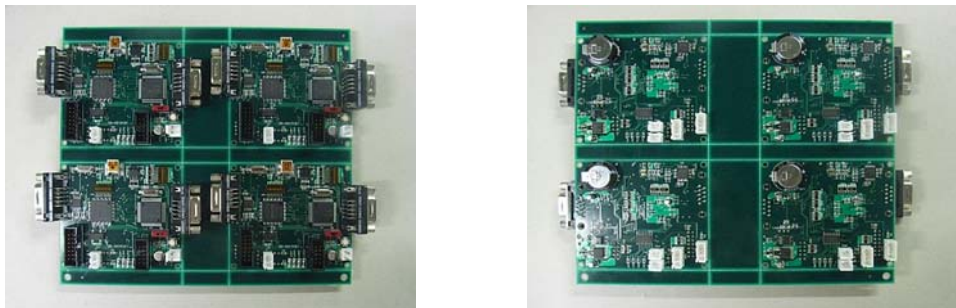


図-21 パネル制御電子回路基板 3D-001PCB1 表面及び裏面

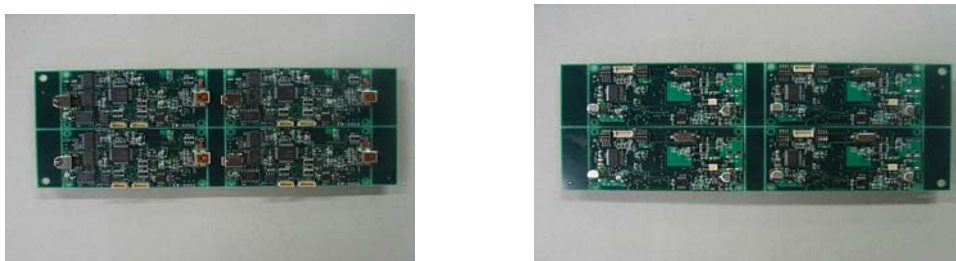


図-22 電子回路基板XW-X002の表面及び裏面

(2) 基板仕様

- | | | | |
|---------------------|--------------|-------------|-------------|
| ① 外形サイズ：パネル制御電子回路基板 | 3D-001PCB1 | 80 mm×70 mm | |
| | センサー制御電子回路基板 | XW-X002 | 80 mm×40 mm |
| ② 層構成 | 4 層多層基板 | | |
| ③ 表面処理 | はんだレベラー処理 | | |
| ④ ローズ・リーチ対応性 | | | |
| ⑤ 動作電圧 | 5 V | | |
| ⑥ ソルダーレジスト銘柄 | 太陽インク製造(株) | S222 | |

(3) 試作結果

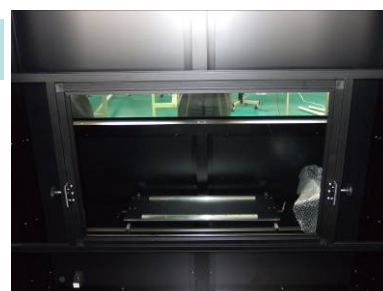
上記基板を試作し、制御電子回路基板については、問題なく作動し、機能確認できた。

2-12. 3D センサーパネルの設計・試作

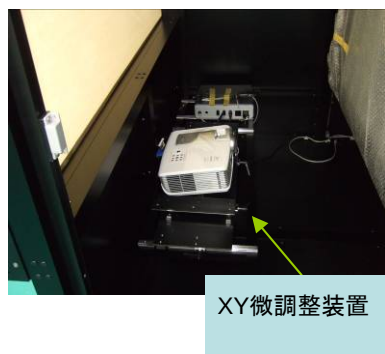
試作製造

製作図面通り、製作したリアプロジェクターの写真を下記に示す。

試作リアプロジェクター筐体写真



ミラーを映写面から観察(XY 微調整
装置のレール部分確認)



制御装置部分
左側 映写面
右側 ミラー面
映写面からみ
て右側のドアを
開けた



同上プロジェクター装着画面
(ミラーに反射した状態)

図 23. 試作したリアプロジェクター概要写真

ア. 試作評価結果

上記リアプロジェクターを使用して、60インチサイズの映写テストを実施した結果、投射画像について基本設計に問題ない事を確認した。3Dリアプロジェクターとして生産使用するためには、筐体の奥行き寸法を、現状の1mより狭くする必要があり、奥行き寸法を狭くする方向で検討した。試作機を改造する方向で検討するため、筐体奥行き寸法については、予備実験により現状より25cm狭い75cmとし、ミラー位置（ミラーより後ろ部分は、デッドスペース）を52cmとし、反射ミラーを2枚使用することにより、奥行きを狭くすることが可能と判断し、試作機を改造した。

イ. 2枚の反射ミラー1. 2. を使用した試験結果

- a. 画像の投射画像の状況写真を以下に示す。



図24. 投射画面の概要写真

- b. 投射状態の光学的測定写真を示す。（屏側から撮影）

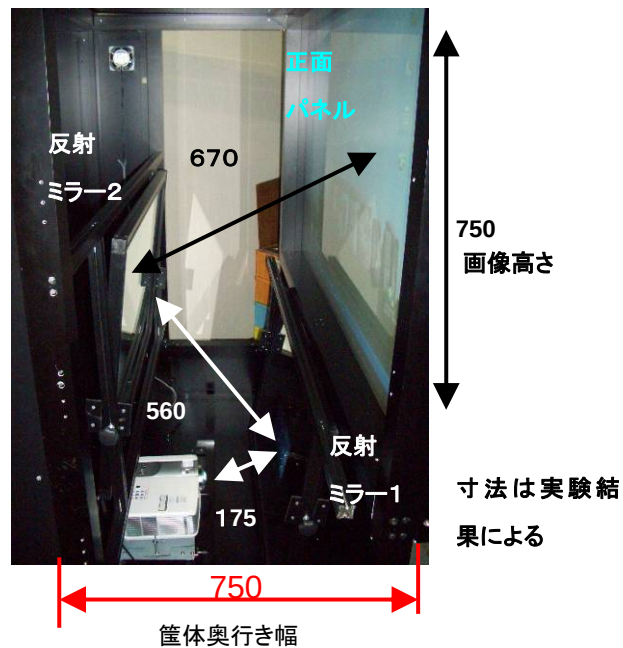


図 2 5．側面写真

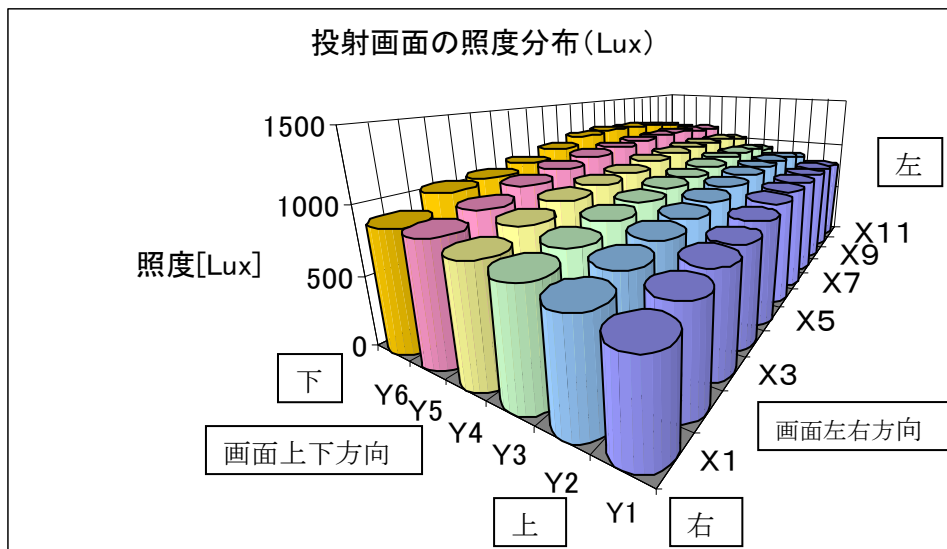


図 2 6．投射画面の照度分布図

上記に投射画面の照度分布を示す。

①測定は、全面白色画面とし、均一な状態として測定した。

②左右画面は、真ん中部分が高くなり、上下画面では、投射下部が明るく成っていく。

試作結果

ア．筐体の奥行き幅については、約 5 0 0 mm まで可能でありミラーサイズ、プロジェクターの変更により、さらに改良可能である。

イ．反射ミラーのサイズ、取り付け位置を変更することにより、8 0 インチサイズの

リアプロジェクターの目処がたった。

- エ. 3D タッチパネルの基礎データ収集が可能となり、押し圧による操作性についても 10 mm のアクリル板を使用することが最適であることが分かった。

2-13. 高精細化 3D センサーと大型高精細ディスプレイの接続実験

2-12. 3D センサーパネルの設計・試作で試作したリアプロジェクタ実験機の実験結果を基に 60 インチリアプロジェクタを用いた表示装置に、3D センサーを搭載した。評価用アプリケーションを用いて、ハイビジョンディスプレイで表示される画像が 3D センサーの入力に対し、動作できることを確認できた。使用アプリは、**高精細 3D センサー評価用アプリケーション**である。



図 2-7 リアプロジェクション実験機

第 3 章 全体総括（研究開発後の課題・事業化展開）

ポリエステル基布に DWCNT（ダブルウォールカーボンナノチューブ）をコーティングした半透明感圧抵抗シートの 3D センサーを製作し、センサーの透明化を実証した。また、この 3D センサーを使用したリアプロジェクション方式の 60 インチハイビジョンサイズの電子情報ボードを製作し、大画面タッチパネルの操作性能、使用感を検証した。このリアプロジェクション方式の情報ボードを京都ビジネス交流フェア 2010 に出展し、市場へのアプローチに向けて第三者評価を得た。

評価については、感圧によって増減によって表示内容が増減することについて、一般的理解が少なく、大きな反響とまでは至らないが、教育関係機関・企業・施設等を中心に教育・広報・社内システム用として良好な反響（導入、連携、訪問説明要望等）を得ており、今後さらに機能向上を図ることにより市場でも大きな反響を得られるものと考えている。

しかしながら、一般のユーザーは、表示性能（明るさ、解像度、コントラスト等）、操作性能（動作速度、操作性等）についての関心が高いことも判明した。特に表示性能の明るさに関しては、一般ユーザーの希望する明るい場所では今回試作したディスプレイの 40 % の透過率では不十分であり、それを補うため投影光を増やせば、ドットの映り込みなどの画質劣化が発生した。この課題を克服するためには、透過率の更なる向上が必要と考えられ、今後開発を継続していく必要があると考えている。

操作性については、3D センサーへの圧力操作とその操作に対応したアプリケーションソフト上

での動きを対応させることができ当初の開発を達成することができた。しかしながら、圧力操作については、ユーザー側の個人差がかなり大きく、誰でもが、反応を1：1に対応させることができるわけではなく、今後の課題が残った。

今回試作開発の成功によって製品化にかなり近づいたと考えている。

今後は、課題を踏まえて、感圧抵抗シートの透明度及びドットスペーサの更なる小径化を進め、より高透明・高精細な3Dセンサーを開発するとともに、アプリケーションソフトを含めた実用化に向けた取り組み、透明3Dセンサーの2012年度の事業化を目指す。

市場環境をみると、3D対応テレビの急速な普及、携帯型ゲーム機の3D化などディスプレイ多機能化のニーズは大きく、大型ディスプレイパネルにおいてもその高精細化・高機能化は大きなビジネスチャンスを秘めていると考えている。