

マルチボンディングディスプレイ

奥村貴典* 佐竹徹也***
熊谷太郎**
藤野俊明***

Multi Bonding Display

Takanori Okumura, Taro Kumagai, Toshiaki Fujino, Tetsuya Satake

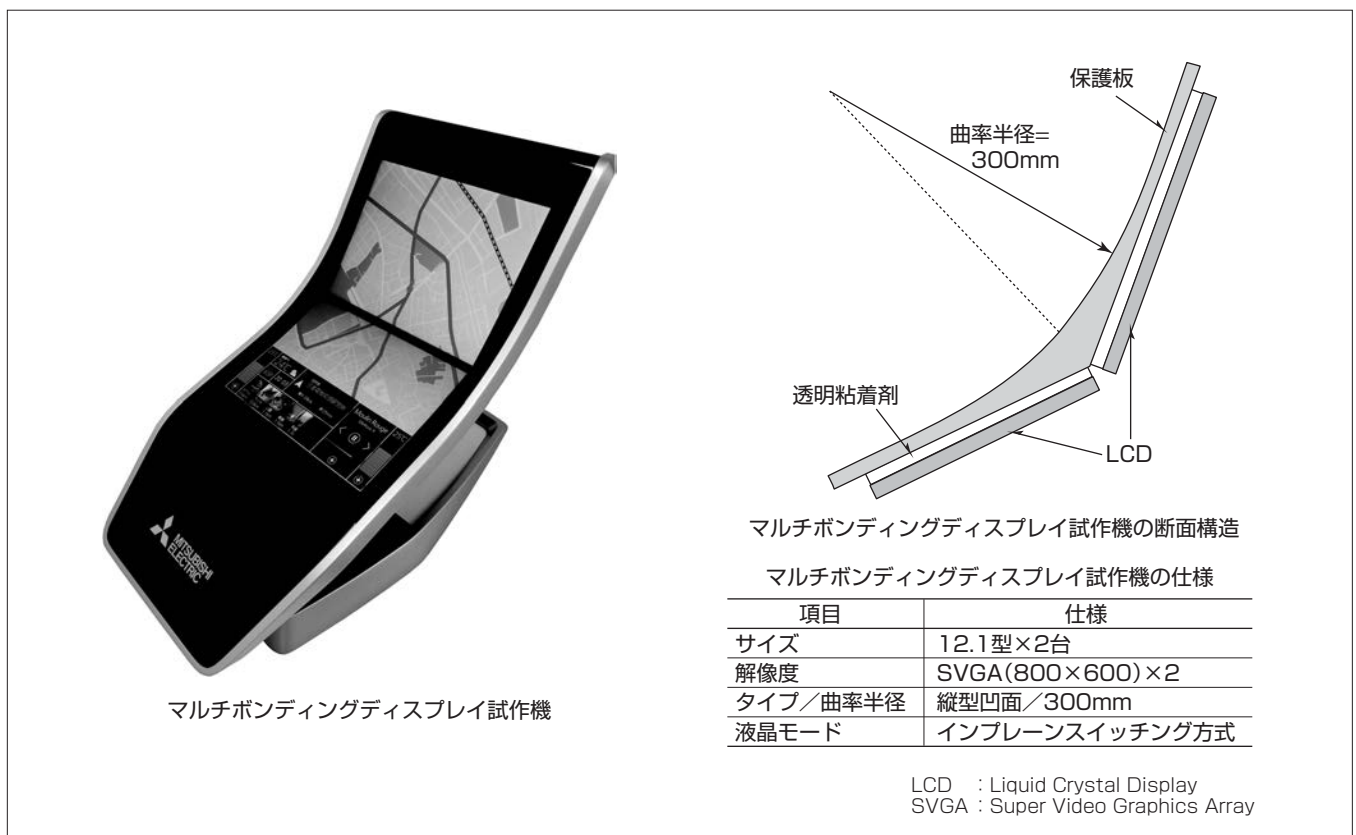
要旨

近年、自動車内でのディスプレイの役割が大きくなってきており、センターインフォメーションディスプレイ (Center Information Display : CID) だけでなく、インストールメントパネル、ルームミラー、後部座席用など、様々な用途への適用が広がりつつある。また、タッチセンサ機能の追加や大型化によって、これまでにない付加機能を持ったHMI (Human Machine Interface) になることも予測される。さらに、顧客調査結果や自動車メーカーからの要望として、CID向けディスプレイには、表示画面の大型化に加えて、インテリア空間にフィットする曲面形状や異形状への要望が寄せられている。

そこで、2面の平面液晶ディスプレイと厚みが連続的に

変化する透明な保護板とを透明粘着剤で貼り合わせて画面を大型化すると同時に、疑似曲面化技術を適用した大型で曲面表示可能なマルチボンディングディスプレイを開発した。試作機を用いて疑似曲面化構造による曲面表示を確認し、低曲率半径で大画面を実現できる見込みを得た。また、疑似曲面化に伴って明らかになった表示性能の課題について原因を調査するとともに対策を実施した。この構造を採用したマルチボンディングディスプレイは、東京モーターショー2015に出展した三菱電機のコンセプトカーにも搭載した。

今後、デザイン性と大型化の要望が強い車種への搭載を目指した開発を進めていく。



マルチボンディングディスプレイ

マルチボンディングディスプレイは、大型化かつ曲面表示を実現しており、タッチセンサ機能を付加することでハードキーをなくして表示部と操作部を一体化し、これまでにない付加機能を持ったHMIを実現している。

1. ま え が き

近年、自動車内でのディスプレイの役割が大きくなってきており、CIDだけでなく、インストルメントパネル、ルームミラー、後部座席用など、様々な用途への適用が広がりつつある⁽¹⁾。また、タッチセンサ機能の追加や大型化によって、これまでにない付加機能を持ったHMIになると予測される。例えば、ハードキーをなくして表示部と操作部を一体化することで、操作性の向上だけではなく、必要なタイミングで情報を画面内で分かりやすく配置して表示することも可能になる。さらに、顧客調査結果や自動車メーカーからの要望として、CID向けディスプレイには、表示画面の大型化に加えて、インテリア空間にフィットする曲面形状や異形形状への要望が寄せられている。

本稿では、これらの要望に対応するための新たなHMIの1つとして提案する、大型で曲面表示可能なマルチボンディングディスプレイの実現のために開発・適用した技術を中心に述べる。

2. 平面LCDの疑似曲面化技術

2.1 ディスプレイ曲面化手法の検討

液晶ディスプレイ(LCD)を用いた曲面ディスプレイを実現する方法については、LCDを薄型化して湾曲させる方法が一般的である⁽²⁾。しかし、製造プロセスの増加で低価格化が難しいこと、LCDの基材であるガラス板を薄くするため破損の可能性が増すこと、湾曲させることで発生する応力の影響や大型化・高精細化によって表示むらが発生することなど、特に、低曲率半径化する場合に多くの課題がある。このため、2面の平面LCDと厚みが連続的に変化する透明な保護板とを透明粘着剤で貼り合わせ、画面を大型化すると同時に擬似的に曲面表示する疑似曲面化技術を適用したマルチボンディングディスプレイを開発した。

2.2 疑似曲面化技術

図1及び図2は、疑似曲面化技術を適用してCID向けに試作したマルチボンディングディスプレイ試作機の外観と断面構造である。主な表示部と、タッチセンサを使ったエアコン温度調節や音量調節のためのキースイッチなどの操作部を配置することで、車内のインテリアにフィットし、なおかつ操作性が高い、曲率半径が300mmの縦型凹面湾曲形状になっている。

図3は、保護板中央部の屈曲部を画面横方向に切り取り、保護板の裏面に貼り付けた平面LCDの画像を右斜め方向の視野角度から見た状態を示す模式図である。この試作機では、平面と曲面からなる保護板を用いており、光の屈折効果で保護板の厚みに応じてLCDの虚像が浮き上がって見える。すなわち、画面上下方向に厚みが連続的に変化する形状の保護板を用いると、保護板の厚い中央部付近の虚



項目	仕様
サイズ	12.1型×2台
解像度	SVGA(800×600)×2
タイプ/曲率半径	縦型凹面/300mm
液晶モード	インプレーンスイッチング方式

図1. マルチボンディングディスプレイ試作機の外観

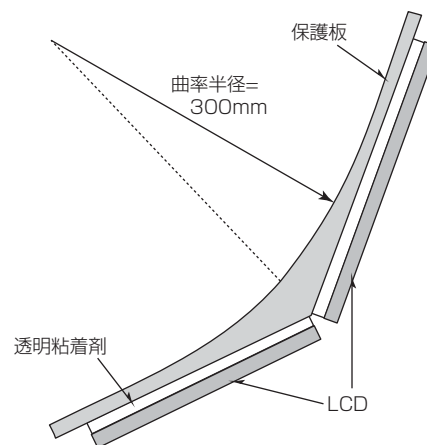


図2. マルチボンディングディスプレイ試作機の断面構造

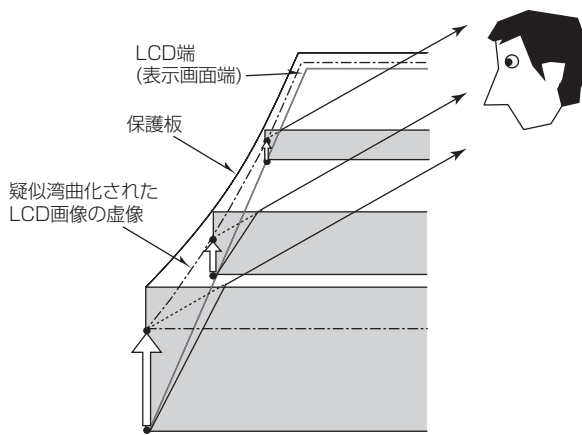


図3. 右斜め方向の視野角度から見た状態を示す模式図

像が保護板の薄い部分の虚像よりも浮き上がって見えるため、湾曲した画像として視認される。

3. マルチボンディングディスプレイ

3.1 マルチボンディングディスプレイの構造

マルチボンディングディスプレイの開発では、LCDと保護板を貼合(てんごう)しない構造(エアギャップ構造)と、透明粘着剤を用いてLCDを保護板に貼合する構造(ボンディング構造)を検討した。エアギャップ構造では、隣接した2つのLCDの境界付近でLCDの画像が重なって見えてしまう隣接画像の写り込み現象が発生し、表示品位を著しく低下してしまう問題があった。図4は、保護板の最も厚い部分付近で、上面LCDの画像が下面LCDに写り込んでいる様子を示している。写り込みが生じる原因は、上面LCDの画像が保護板最表面と空気との界面で反射し、さらに、反射した画像が保護板裏面と空気との界面でも同様に反射して画像が保護板を伝搬することで、下面LCDの表示領域まで到達してしまうためである(図5)。一方、ボンディング構造では、隣接したLCDの画像が保護板最表面と空気との界面で反射してLCDに到達し、偏光板等のLCD部材に光が吸収されて写り込みはほぼ視認されない程度にまで大幅に低減され、同様の問題は生じない(図6)。

このことから、マルチボンディングディスプレイにはボンディング構造を適用することにした。

3.2 マルチボンディングディスプレイの表示品位

2面のLCDのマルチボンディングディスプレイでは、LCDを近接させて設置するため、駆動回路基板を避ける必要があるなど配置に制約があり、上下面LCDを180度回転させて配置している。180度回転させて配置することから、上下面LCDの表示を運転席視点で見ると、上面LCDはLCDの上側から、下面LCDはLCD下側からそれぞれ視認することになり、LCDの輝度やコントラスト比などの視野角特性が視認性に影響する。このため、このマルチボンディングディスプレイでは、広視野角であるインプレーススイッチング方式のLCDを使用することで、運転席視点からの均質な視認性を実現した。また、このマルチボンディングディスプレイでは金属配線を用いたタッチセンサを配置している。タッチセンサ配線を金属配線とすることで、大型化しても配線抵抗による信号遅延が生じずタッチ感度を犠牲にすることがない。一方で、金属配線は光を通さないことなどから表示品位を低下させる要因になるが、LCDパターンとタッチセンサ配線パターンの干渉によるモアレ等の表示品位が低下しない配線パターン設計技術も適用している⁽³⁾。

3.3 構造に起因する課題と対策

図7に示すように、マルチボンディングディスプレイでは、水平に近い角度から見た場合に、2面のLCDが隣接した境界付近で下面LCDの表示領域に画像が視認されない暗部不良が見られる。暗部不良は、視認する画像の出射

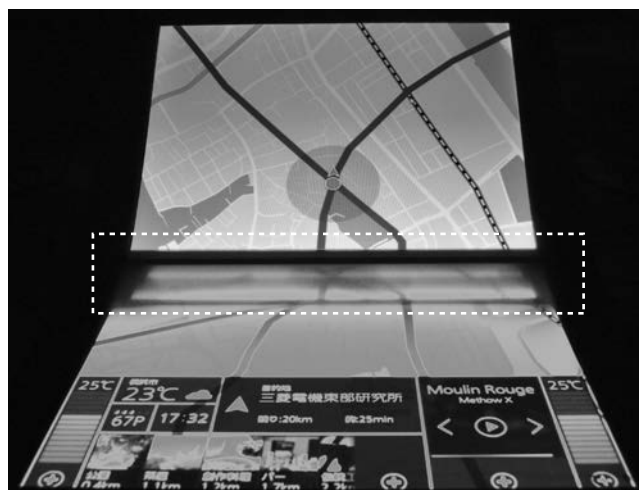


図4. 上面LCDの画像が下面LCDに写り込んでいる様子

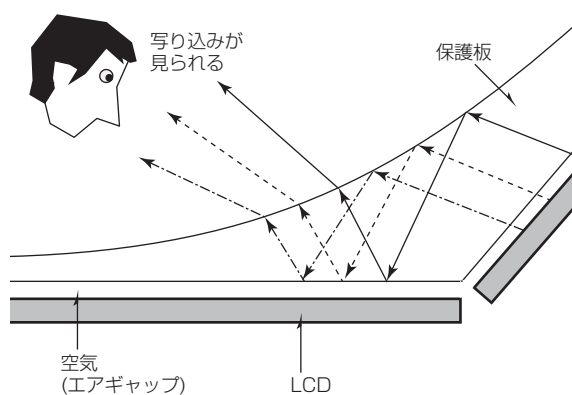


図5. エアギャップ構造の写り込み現象を示す断面模式図

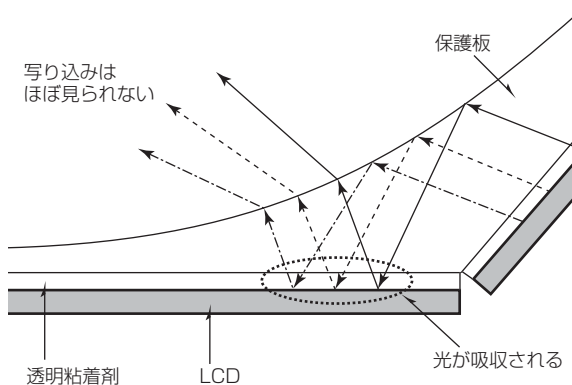


図6. ボンディング構造の写り込まない現象を示す断面模式図

面となる保護板の最表面が、LCDの垂直方向を基準にして角度 θ (> 0 度)を成しているために生じる。すなわち、図8の実線で示すように、LCDの垂直方向を基準に角度 ϕ_1 でバックライト光が液晶パネルに入射すると、スネルの法則($n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$)に従って屈折率の異なる界面で光が屈折して ϕ_2 の方向に進行し、LCDの垂直面に対して角度 θ 傾いた界面から出射するとき更に屈折して ϕ_3 の方向に出射する。 $\theta = 0$ 度(LCDと保護板が平行)であれば、LCDや保護板の屈折率によらず本来 $\phi_1 = \phi_3$ である。しかし、この試作機の保護板中央部では、LCDに対向する保

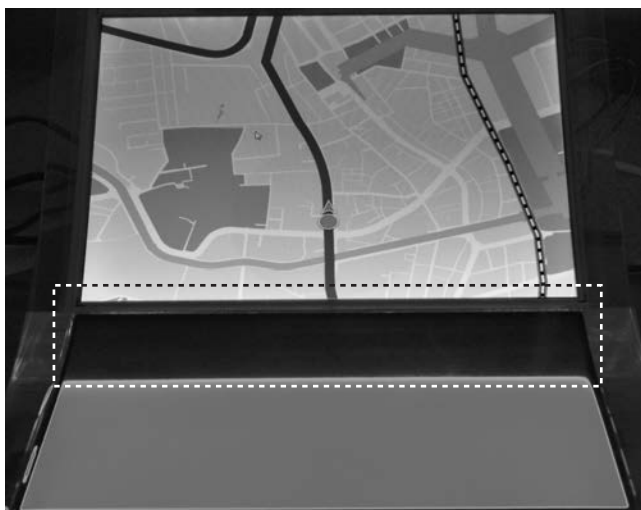


図7. 暗部不良の様子

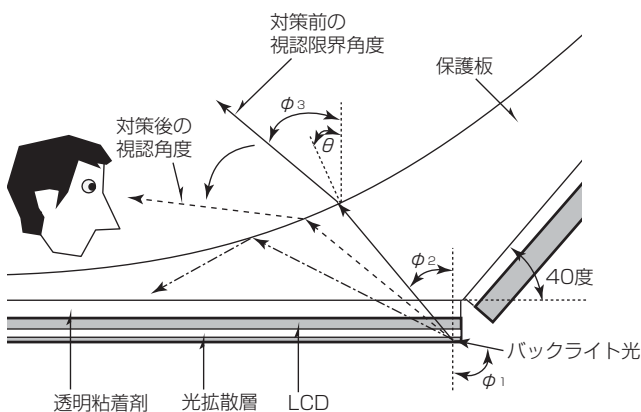


図8. 暗部不良対策前後の視認角度

保護板後面の上面LCDが下面LCDに対して40度傾いており、保護板の前面が凹面形状のため、 $0 < \theta < 20$ 度となる。バックライト光の入射角度はLCDの垂直方向に対して $0 \leq \phi_1 < 90$ 度であり、保護板、透明粘着剤、LCD等を全て屈折率 $n=1.5$ と仮定すると、 $0 \leq \phi_2 < 42$ 度、 $0 \leq \phi_3 < 63$ 度となり、63度以上の視認角度方向にはバックライト光が出射されず、暗部として画像が視認されない領域が発生する。

そこで、暗部対策として、LCD内部から保護板最表面までのいずれかの位置に光拡散層を導入することを検討した。保護板最表面から出射するまでの光の進行方向を、例えば20~30度程度広げることで最大出射角度63度を80~90度まで広げることが可能である。光拡散層の導入は、例えば、LCDのバックライト側のガラス基板に貼り付ける偏光板の表面に凹凸を設けて広い角度でバックライト光が入光する構造を形成することや、図8のようにLCDの内部に光拡散機能を持つ微粒子を含んだ層を配置するなどの方法で実現する。図9に、バックライト側の偏光板の粘着剤に微



図9. 光拡散機能を付与した試作機の点灯状態

粒子を混合する方法で光拡散機能を付与した試作機の点灯状態を示す。暗部不良が見られず、広い視野範囲で高い表示品位の画像を視認できる曲面表示が可能なマルチボンディングディスプレイを実現した。

4. むすび

2面の平面LCDと厚みが連続的に変化する透明な保護板とを透明粘着剤で貼り合わせて画面を大型化すると同時に、疑似曲面化技術を適用した大型で曲面表示可能なマルチボンディングディスプレイを開発した。試作機を用いて疑似曲面化構造による曲面表示を確認し、低曲率半径で大画面を実現できる見込みを得た。また、エアギャップ構造とボンディング構造を比較し、写り込みが生じないボンディング構造が有効であることを実証した。さらに、疑似曲面化構造特有の課題である暗部不良に関して、原因を調査するとともに光拡散機能を付与する対策を実施して有効性を確認した。このマルチボンディングディスプレイは東京モーターショー2015の三菱電機運転支援系コンセプトカー“EMIRAI3 xDAS”にも搭載して好評を得た。

今後、デザイン性と大型化の要望が強い車種への搭載を目指した開発を進めていく。

参考文献

- (1) 日経BP社：車載ディスプレイ増殖中 課題はデザイン性の向上，日経エレクトロニクス2013年10月14日号，55~62 (2013)
- (2) 中川直紀，ほか：湾曲ディスプレイ，三菱電機技報，85，No.6，370~373 (2011)
- (3) Ono, T., et al.: High Performance Large Area Projected Capacitive Touch Screen Using Double Layered Metal Mesh Electrodes, Euro Display 2013, 241~244 (2013)