

K_066

手のひらサイズの半球型ディスプレイの設計と製作

Examination and production of a hemispherical display

川田真史†

芝治也†

山口巧†

島村和典‡

Masafumi Kawada†

Haruya Shiba†

Takumi Yamaguchi†

Kazunori Shimamura‡

1. 緒言

情報機器操作の初心者や高齢者の情報機器使用を支援することを目的として、OPR-LENS Systemの開発をおこなってきた。[1,2,3]これはPCの周辺機器であり、マウスと同様に使うことができるポインティングデバイス機能を持った半球型の装置である。ドーム底面にはLCDが設置されており、PC画面の部分拡大画像を表示する機能がある。現在のOPR-LENS Systemの内部ディスプレイ表示は、平面液晶ディスプレイ上に魚眼加工した画像を表示することで視覚認識度を高めているが、さらに視覚支援効果を高めるために、OPR-LENS SystemのLCD表示を、底面の平板画面から半球状のドーム全体に投影する仕様に改良したいと考えている。

球形状、半球形状の装置としては、Geo-Cosmos[4]やTangible Earth[5]がある。しかしこれらは大型の装置であり、我々の考えている手のひらサイズの小型投影システムと同様の仕組みを取り入れることはできない。

本研究では、OPR-LENS Systemの画面認識支援機能を改善することを目的とした半球型ディスプレイの投影システムの設計と検討を行っており[6]、本稿ではディスプレイの視覚特性について述べる。

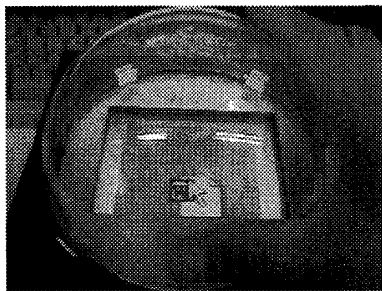


図1 OPR-LENS System

2. 半球型ディスプレイの設計

図2に半球状ディスプレイの構成図を示す。

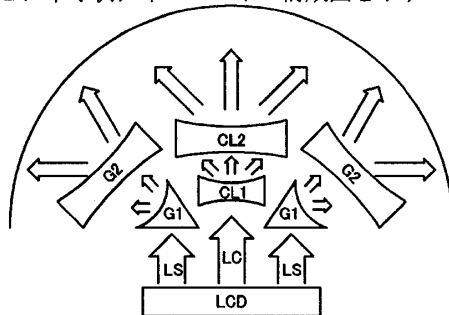


図2 半球状ディスプレイの構成

半径75mmの透明ドームの内部には、底に液晶ディスプレイ(LCD)があり、LCDの上部に凹レンズ機能を持った光学投射系がある。[6]透明ドーム内壁には半透過性のスクリーン材料を使用する。LCDに表示された映像は、光学系を通ることで半球型ドーム全体に投影される。中央にある凹レンズ(CL1, CL2)により、ドームの天頂部(図3 SC)に映像が投影される。G1は三角形に似た断面をもつリング状のレンズの断面を表している。G1のドームの中心側の斜面は直線的で、LCDからの光(LS)はこの斜面で反射して横方向に放出される。外向きの斜面は凹レンズと同様の形状をしている。G1を出た光はさらにそれぞれG2により広がってドームの側面(図3 SS)に到達する。

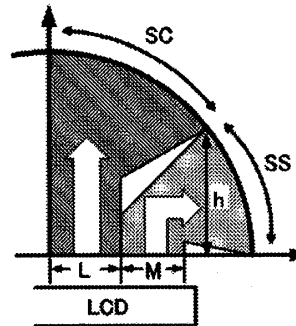


図3 各光学系が照射する領域

表1 パラメータ

屈折率	1.5
R	75.0[mm]
h	53.0[mm]
L	11.6[mm]

3. ディスプレイの検討

半球型ディスプレイが均一な明るさになるためにはSC, SS部の光束量が等しくなければならないと考えた。SC, SS部の光束量を等しいとしたときのR(ドームの半径), h, L, Mの関係は

$$M = \frac{h}{\{R-h+\sqrt{R(R-h)}\}} L \quad (1)$$

で表される。今回の検討は表1に示すパラメータを用いて行い、このパラメータからM=9.7[mm]となる。そして、これらの値を基に光学系を設計した。

図4にSC, SS部の輝度分布を示す。SC部もSS部と同様に、場所により輝度に違いが生じているが、SC部の最大輝度と最小輝度の比率は約1/2となっており、SS部より輝度の変化が少なく、格差が小さい。

側面投影用光学系としてG1のみの場合と、G1とG2の場合のSS部の輝度分布を数値計算より求めたものを図5に示す。輝度は一定になるのが望ましいが、設計した光学系では場所により輝度に大きな違いが出た。どちらの場合も $\phi=0^\circ$ 付近で大きく輝度が下がっている。G1のみの場合は、最大輝度が0.065、最小輝度が0.004である。G1+G2の場合は最大輝度が0.056、最小輝度が0.013である。最大輝度と最小輝度の比率がレンズG1のみの場合では、約

† 高知工業高等専門学校

‡ 高知工科大学

1/15 であるのに対し、G1+G2 の場合は約 1/5 になっており、G1 のみの場合と比べ輝度のバラつきが 3 倍改善されているといえる。

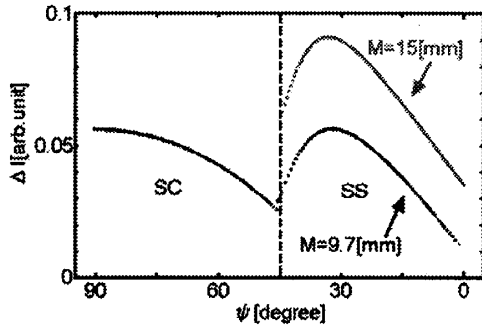


図4 SC, SS部の輝度分布

15[mm]に変え、SS部の光束量を増加させた場合の輝度分布を図4に示す。M=9.7[mm]の場合と比べ、M=15[mm]の場合、全体的に輝度が上がり、最大輝度に対する最小輝度の割合が改善されている。

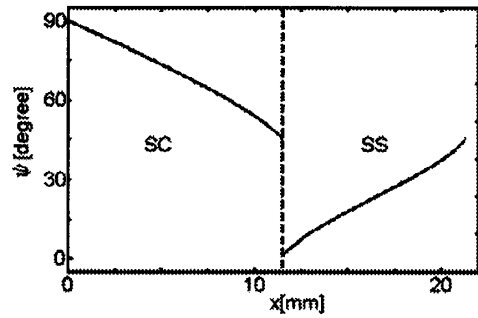


図6 LCD画像の投影される位置

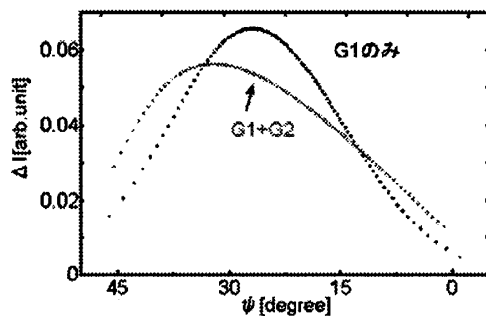


図5 SS部の輝度分布

表2 条件の違いによるSS部の輝度比較

条件	最大輝度	最小輝度	コントラスト
(a)	0.065	0.004	0.062
(b)	0.056	0.013	0.23
(c)	0.091	0.035	0.39

- (a) G1, M=9.7[mm]の場合
- (b) G1+G2, M=9.7[mm]の場合
- (c) G1+G2, M=15[mm]の場合

図6は、底面に置くLCDの光が半球ディスプレイのどの部分に到達するかを表している。SS, SC部の端の方では光が広がって、歪んだ画像が表示される。しかしこの歪みは、ドームの底面のLCDに与える画像をあらかじめこのグラフの逆パターンで加工しておくことで、これを補償することができる。輝度の場合も同様にLCDの画像の明るさを、輝度の高い部分を低い部分に合わせるように加工することで、半球ディスプレイの輝度を均一にすることができる。この明るさをあらかじめ下げる方法では、元々の画像の階調が表現できなくなる。表2(b)の精度にムラがある場合にこれを補償すると、底面に32ビットフルカラーLCDを用いたとき半球ディスプレイの色階調は約26万になる。これは人間の目の識別能力を上回る値であるため、実用上問題にはならない。

品質向上のためには、SC部に比べ輝度のばらつきがあるSS部の最小輝度を上げる必要がある。またLCD画像の明るさをあらかじめ加工する方法だと、SC部とSS部の光束量を等しくする必要はなく、必ずしも式(1)が成り立つ必要はないと考えた。そこで表1のMの値を9.7[mm]から

4. 結言

レンズを1枚から2枚にすることで、半球ディスプレイの輝度は改善できる。また輝度が改善されると、レンズ1枚の場合よりL, Mのサイズを大きくすることもできるようになる。図5において、輝度の最大値と最小値の比率はSC部では約1/2であるのに対し、SS部では約1/5である。本研究では、単純化のため、レンズは球状の曲面を用いたが、これは楕円状の曲面に劣る。今後はレンズ形状の変更も含めた最適化を検討する必要がある。

また半球型ディスプレイの輝度はLCDの輝度の1/10以下であるが、これはLCDのバックライトに高輝度LED等を用いることで解決できると考えている。

半球型ディスプレイはレンズの構成上、輝度のバラつきが生じ、底面のLCDの画像を加工することで半球型ディスプレイ上の輝度を均一にすることができるが、これによってディスプレイの階調が、32ビットフルカラーの場合だと約1600万色から約26万色に下がってしまう。しかし、この半球型ディスプレイはPCのポインタ周辺の拡大画像を表示させるのが目的であるので、ある程度の階調性で十分だと考えている。

参考文献

- [1] 山口, 島村, ヒューマンインターフェース学会論文誌 Vol.7 No.2, pp.99-112 (2005)
- [2] T. Yamaguchi, H. Shiba, K. Shimamura, Springer-Verlag LNCS Volume 3101, pp.550-559 (2004)
- [3] T. Yamaguchi, K. Shimamura, NEINE'04 IP-SessionB2, pp.184-191 (2004)
- [4] T.Machida//Interview article, "Development of the first spherical display-GEO-COSMOS," J.Japan Soc.Prec.Eng., Vol. 69, pp. 465-468, 2003. (in Japanese)
- [5] tangible-earth.com "TANGIBLE EARTH," <http://www.tangible-earth.com/>, 2005. (in Japanese and English)
- [6] H. Shiba, T. Yamaguchi, K. Shimamura, IWAIT2006 Proc.,pp.508-513 (2006)