4D-03

複数種のLCDを配置した半球ドーム型高臨場感ディスプレイシステムの構築手法

神原 利彦† 西田 大樹†

†八戸工業大学電気電子システム学科

1 はじめに

近年、多様な映像コンテンツを高い臨場感で人間に提示しようという研究が盛んに行われている。例えば人間の視野を覆い尽くすほどの広範囲な視野角を持つ曲面スクリーンの上に高解像度な映像を呈示する技術が挙げられる。柴野ら [1] がサイバードームで提案した半球面などがある。この手法で生成された映像は、非常に高い臨場感を呈示できたが、プロジェクターの仕様以上の解像度を表示できないという問題点があった。そこで筆者 [2] は液晶ディスプレイ (以下、LCD と略す) を凹型半球面の内側に多数並べて、タイルドディスプレイ [3] の技術を応用して 1 枚の高解像度な動画像を映し出す手法を提案した。タイルドディスプレイでは、高い解像度で映せるという長所があるものの、隣り合う LCD を隔てる隙間が邪魔に感じるという短所もある。平面上に並べる場合なら、細い線状になって無視できるほどの隙間であっても、半球上に並べる場合となると、筆者の手法 [2] では、領域のような隙間となって現れてしまい、無視できないほどの影響がある。そこで、筆者はこの隙間領域を小さくするために、二種類以上の LCD を使用する改良手法と LCD をロール回転させて配置する手法 [4] を提案した。

その一方で、これらの配置手法はあくまで LCD 間の隙間面積を最小にするという評価尺度のみで最適化していたため、実際に画像を映した場合の感性的な評価尺度がまったく加わっていなかった。そこで、本研究では隙間面積最小化で設計した LCD の配置に映像を映した場合の見え方をシミュレートし、感性的な評価尺度を検討する。

2 配置手法の概要

2.1 一種類の LCD を使う手法

一種類の LCD を使う手法 [2] では、最初に LCD を半球凹面の裾野から稜線に沿って頂点まで隙間無く並べる。この稜線にそって並べた LCD ひとつひとつが段を形成し、それぞれの段で円周に沿って整数個の LCD を並べる。この方法で LCD を並べた例を図 1 左に示す。赤い LCD が稜線に沿って並べたものである。

2.2 複数種の LCD を使う改良手法

2.1 節の手法では、各段に整数個の LCD しか並べることができないので、場合によっては 1 個の LCD 幅の約 9 割の面積が大きな隙間領域として残るという問題点があった。そこで、複数種の LCD を使うことで、組み合わせによって隙間を最小にする手法を提案し、この問題点を解決した。この方法で LCD を並べた例を図 1 右に示す。左ではスクエア型 (横縦比 4:3) の LCD のみを使ったが、右ではワイド型 (横縦比 16:9) の LCD との 2 種類を使うことで隙間領域を小さくしている。

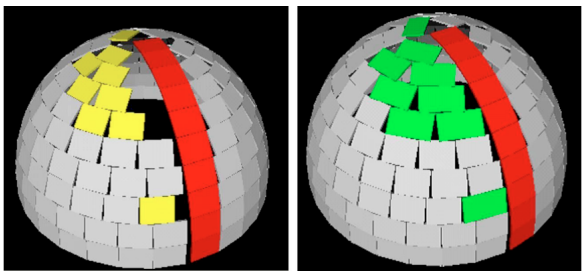

図 1: LCD のロール回転を許さない配置手法の結果

2.3 LCD のロール回転を許す改良手法

図 1 右の結果で示した改良手法では、LCD に対して、方位角の回転と仰角の回転を許容してはいるが、ロール回転を許していないため、頂点に近づくにつれ、隙間面積が大きくなるという問題点があった。そこで、筆者はロール回転を許容して探索で隙間面積を最小にする LCD の配置方法を導出する手法 [4] を提案した。だが、実装にあたって単純計算でも LCD の数× 3 角度のべき乗オーダーで組み合わせの数が爆発するためなんらかの枝刈りをしないと探索が終了せず、最適解にたどり着けないことも明らかとなった。

2.4 感性的な評価値の導入

一方で、そもそも隙間面積最小という尺度がディスプレイ・システムの高臨場感を損ねない評価値となっているのかが疑問となっていた。人間が重点的に見る天頂付近の隙間は小さい方が良いが関心の少ない裾野付近の隙間は大きくても、あまり問題にならないのではないかという指摘もあった。そこで、隙間面積最小化という概念よりも、実際に LCD に映像を映した場合に人間が感じる臨場感を損ねる度合いを最小にする概念を導入する。

3 映像の見え方のシミュレーション

3.1 シミュレーション概要

見え方のシミュレーションを行うための素材として、全天球画像を使用する。全天球画像とは、水平方向 360°、垂直方向 180° のすべての方位から一点に向かって来る光線の輝度を記録した画像である。全天球画像の

Development of a Hemispherical Dome Type Immersive Display System Arranged by Some Kinds of LCDs

Toshihiko KANBARA†and Daiki NISHITA†

†Dept. of Electric and Electronic Systems, Hachinohe Institute of Technology

031-8501, Hachinohe, Aomori, Japan

{kanbara, g122038}@hi-tech.ac.jp

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

横軸が方位角を表し、縦軸が仰角を表していることから、地球儀を世界地図で表したような画像になっている。図1で示した配置は、LCDの部分を直方体CGで表現したものである。その直方体CGの面に、全天球画像から部分的に切り出した画像（以下、部分画像と略）をテクスチャマッピングすることで全体的な見え方のシミュレーションを行う。

3.2 LCDの位置と姿勢の表し方

図2に、LCDの位置と姿勢を一意的に表す3つの角度を示す。LCDの重心を代表点として、その代表点と半球の中心を結ぶ線をLCD線と呼ぶ。LCD線を基準となる方位から、方位角 θ_1 だけ回転させる。この回転では、半球の中心から天頂までの垂直軸を回転軸とする。次に、垂直軸と直交し、なおかつLCD線とも直交する水平軸を回転軸として仰角 ϕ_1 だけLCD線を回転させる。これでLCD線が固定され、LCDの位置も固定される。つまり、方位角 θ_1 と仰角 ϕ_1 の2変数で位置が表される。次に、LCD線を回転軸としてロール角 δ_1 だけ回転させる。これがLCDの姿勢を表している。

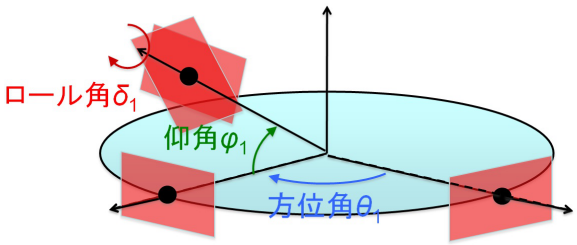

図 2: 方位角と仰角とロール角

3.3 LCD上の画素を全体的な角度に変換する手法

半球の半径が R[m] で、LCDの横の長さが W[m] で、縦の長さが H[m] とし、部分画像の解像度が r[dot/m] とすれば、画像上で (i, j) という座標点は、長さに変換して $(\frac{i}{r}, \frac{j}{r})$ という座標になり、これをロール回転させて、$(\frac{i}{r}\cos\delta_1 + \frac{j}{r}\sin\delta_1, -\frac{i}{r}\sin\delta_1 + \frac{j}{r}\cos\delta_1)$ という位置に変わる。これから部分的な方位角 θ_2 と部分的な仰角 ϕ_2 を以下の式で算出する。

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{2(i\cos\delta_1 + j\sin\delta_1)}{r\sqrt{4R^2 - W^2 - H^2}}\right) \quad (1)$$

$$\phi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{2(-i\sin\delta_1 + j\cos\delta_1)}{r\sqrt{4R^2 - W^2 - H^2}}\right) \quad (2)$$

これらの角度は局所的な方位角と仰角なので、全体的な方位角と仰角にするには、それぞれ θ_1 と ϕ_1 を足し算して求めることになる。まとめると、部分画像は以下の手順で生成する。

(1) 生成する部分画像に対応するLCDの位置を θ_1 ϕ_1 とし、姿勢を δ_1 とする。

(2) 部分画像上で座標 (i, j) の点から式(1)と式(2)を使って θ_2 と ϕ_2 を算出する。

(3) 全天球画像上の横軸が $\theta_1 + \theta_2$、縦軸が $\phi_1 + \phi_2$ の座標点上に記録されている色情報（赤、緑、青）を部分画像の (i, j) の画素に塗る。

(4) 手順(2)(3)を部分画像の全画素に対して繰り返す。

4 実験

4.1 実験装置および器具

実験には、マウスコンピュータ製のPC(Core i5 3.30GHz RAM8G)を使用した。CG作成にはCoin-3Dを使用した。全天球画像には、PointGrayResearch社のLadyBug3で撮影された広報用の画像を使用した。

4.2 見え方のシミュレーション実験

3.3節に述べた手法で部分画像を生成し、テクスチャマッピングして、半球の中心部分から見上げた形の見え方シミュレートした結果を図3に示す。図1の例とは、半球の半径やLCDサイズなどを変更して実験した。この実験では簡単化のために、すべてのLCDでロール角は0°としている。

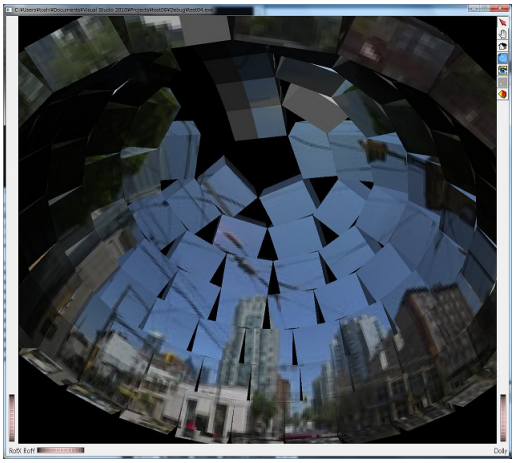

図 3: 部分画像をテクスチャマッピング

5 結論

長方形のLCDを半球凹面の内側に並べて、タイルドディスプレイの手法を適用し、全天球画像を高解像度なまま映し出すことのできる高臨場感ディスプレイの構築手法を提案した。複数種類のLCDを使ったり、LCDのロール回転を許して隙間面積を小さくする一方で、見え方のシミュレーションを行い、隙間面積の最小化以外に評価すべき感性的な尺度を見つけ出そうと試みた。その結果、空中に浮かぶ電線がLCD間でつながっていないという見え方になることがわかった。このような問題を解決するための原因究明と対策を今後の課題とする。

参考文献

[1] 柴野ほか、「サイバードーム視覚ディスプレイシステムの開発」第5回日本VR学会大会論文集 pp. 87-90, 2003.

[2] 神原「半球凹面状の高解像度ディスプレイの開発」信学会エレソ大会論文集, p185, 2009,

[3] 江原ほか、「タイルドディスプレイを用いた高解像度天体観測画像のリアル表示システム」日本VR学会大13回大会, 250-251, 2008.

[4] 神原ほか「多種LCDを用いた半球ドーム型高臨場感ディスプレイシステムの構築手法」情報処理学会東北支部第2回研究会,2012.

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.