

粒子型ディスプレイに関する研究

佐藤 宗彦 谷川 智洋 廣瀬 通孝 (東京大学)

本研究では、広大で複雑な形状である生活環境でのディスプレイとして、物理的に独立した画素をばら撒く方式のディスプレイを、「粒子型ディスプレイ」として提案する。これにより、ユーザによる機器の所持や大型の機器の使用が不要で、実空間の人物や物体とより関連した情報提示が可能となると考えられる。そこで、提示装置としてLEDを搭載した多数のアクティブRFIDノードを用いて、RFIDノードの位置同定を行いそれらの発光を一括してコントロールし、全体としてディスプレイとして機能するシステムを提案した。さらに、形状の自由度の高いディスプレイの実現が可能となる。今回、この手法による粒子型ディスプレイの試作について報告する。

Development of Particulate Display System Based on RFID nodes

Munehiko SATO, Tomohiro TANIKAWA and Michitaka HIROSE (The University of Tokyo)

Abstract : We propose a brand new display system for vast real environment called Particulate Display System. The Particulate Display System is composed of hundreds of active-RFID nodes equipped with a full color LED. Utilizing active RFID nodes makes each pixel of a display system movable, and the display can be placed on complicated surfaces of real environment. Therefore, the location of a RFID node is detected by a camera and image-process.

1. はじめに

近年、視覚的な情報提示はその手法の幅が広がり、ディスプレイ単体で完結したものでなく、広大な公共空間や屋外空間などの実空間中での使用が可能となった。ここでの「広大な」とは、通常のオフィスや住居での机の上の様に限定的な空間で特定のユーザに対するものではないということである。これらの映像提示では、いくつかの異なったアプローチが行われている。プロジェクタを用いて実際の室内空間に投影する手法[1]では、実空間に対して高範囲な視覚情報の提示が可能となる。しかし、大掛かりなシステムが必要であり、プロジェクタを用いる限り人物などがつくる影の問題がある。また、CAVEに代表される、ユーザがディスプレイに没入するタイプのディスプレイ[2][3]では、ディスプレイそのものが巨大な構造物であり、生活空間との共存は難しい。また、ユーザがHMDや携帯機器を身に付ける方法[4][5]による、実空間の物理的形狀や位置関係に基づいた情報提示の研究も行われている。しかし、全てのユーザが情報提示のための装置を身に付ける必要があり、他のユーザが何を見ているのかわからないため協働やコミュニケーション上の問題がある。

また、公共空間等で情報提示を行う場合、その空間中には複数のユーザが存在する可能性がある。その場所や時間にしか因らない静的な情報の提示で不足ない場合は問題とならないが、ユーザに応じて提示する情

報を変える必要がある場合は、それらの衝突が起こってしまう。実空間中での特定のユーザへの情報提示としてHMP(Head Mounted Projector)を用いる研究[6]も行われているが、HMDと同様に装置を身に付ける必要があり利用者の負担が大きい。

そこで、ユーザが機器を所持する必要がなく、大型の機器を用いずに広大な環境への設置が可能なディスプレイの提案と検証を行う。

2. 粒子型ディスプレイの提案

前章で述べた問題を解決するため、ディスプレイを構成する個々の画素が物理的に独立した「粒子型ディスプレイ」を提案する(図 1)。

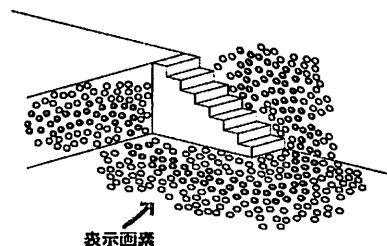


図 1 概念図

Figure 1 Concept Sketch

この提案手法によるディスプレイでは、ユーザが何

らかの機器を持つ必要はない。加えて、個々の画素が物理的に独立しているため、いかなる形状の空間中においても画素を配置することが可能となる。これにより、設置する環境に合わせて、

- ディスプレイの物理的3次元形状
- 画素の配置密度
- ディスプレイのサイズ

が容易に変更可能となる。よって、公共空間などの複雑な形状を持った環境への大規模な設置が可能となる。

3. システム構成

開発した粒子型ディスプレイシステムは、映像を提示するために大量に空間中に分散配置する「提示装置」、提示装置の空間中の位置を同定する「粒子位置同定システム」、提示したい情報と各粒子での表示内容の対応付けとその命令の送信を行う「表示命令システム」からなる。本章では、各システムの説明を行う。

3.1 システム概要

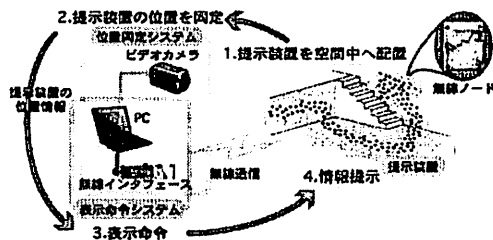


図2 粒子型ディスプレイシステム構成図
Figure 2 Basic System of Particulate Display

粒子型ディスプレイによる情報提示の流れを図2に示す。まず、情報を提示したい空間中に大量に提示装置を分散して配置する。次に、それらの提示装置の空間中における位置を、粒子位置同定システムを用いて同定する。表示命令システムでは、目的の映像を提示させるために、各画素での発光パターンを生成する。次に生成された発光パターンを、提示装置へと送信する。そして、各提示装置は受信した発光パターンを元に同期して発光することで、空間中への情報提示が可能となる。

3.2 提示装置

提示装置を構成する画素に必要な要素は、

1. 発光素子を有すること

2. 無線通信機能を持つこと
 3. 小型軽量であること
- の3点である。

これらの条件を満たす提示装置として、本研究では、産業技術総合研究所とワイマチック株式会社の共同研究による超小型無線ネットワークノード“AYID32305”(図3)(以下、無線ノード)を用いた。このデバイスは、センサネットワークを構築することを本来の目的として開発された小型のアクティブRFID(Radio frequency identification)ノードである。

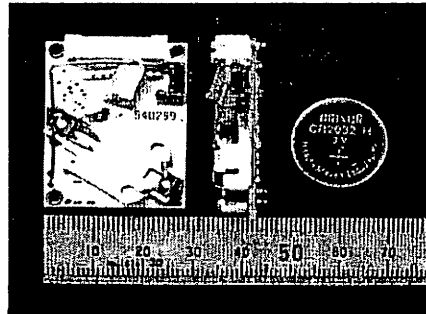


図3 AYID32305 RFID ノード外観
Figure 3 AYID32305 RFID node

通信は、微弱無線に分類される300MHz帯で行われる。演算装置にはPIC16LF627A(Microchip Inc.)を用いている。3Vのボタン電池での駆動が可能となっている。なお、表示デバイスとしてRGB3色の発光を個別に制御可能なフルカラーLEDが搭載されており、LEDの発光制御はPICより可能である。

無線ノードの寸法は幅38mm高さ28mm厚み5mm、重量は5.2gである。これは、提示装置として空間に分散させる用途としての条件に見合う。

3.3 粒子位置同定システム

粒子位置同定システムでは、次の流れで粒子位置の同定を行う。空間中に配置した無線ノード(提示装置)へIDを指定して発光命令を送り、LEDを発光させる。同時に、PCに接続したビデオカメラを用いて撮影した映像から、画像処理を行うことで各無線ノードの位置の同定を行う。提示装置へは、RS232CインタフェースによりPCに接続された無線ノード(以下、アクセスポイント)を介して、個々の無線ノードへ発光命令が送られる。ユーザはPC上のGUIアプリケーション(図4)により本システムを操作する。粒子位置同定アプリケーションは、常に映像中の発光位置の算出を行い、粒

子への発光命令を行った場合はそのIDとともに、ログデータとして記録を残す。この流れのフローチャートを図5に示す。

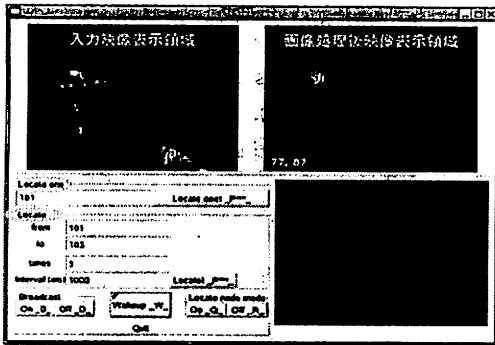


図4 粒子位置同定アプリケーション画面

Figure 4 Screenshot of a locate-node application window

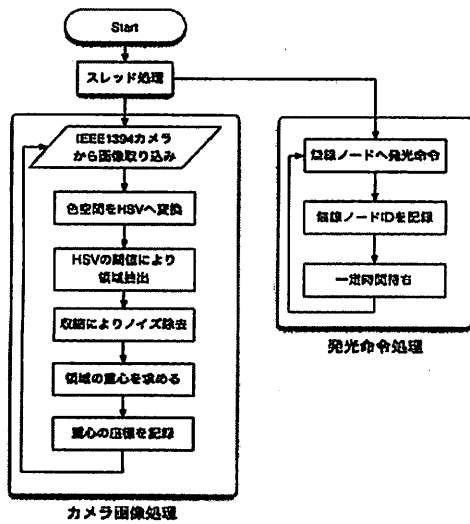


図5 粒子位置同定フローチャート

Figure 5 Flowchart of locating nodes

3.4 提示命令システム

提示命令システムでは、粒子位置同定システムによるログデータを元に各粒子への発光命令を決定する。本研究では、「表示内容を提示装置に予め記録させておき、同期信号に合わせてそれらを再生する」方法を実装した。映像を提示する際に提示装置に逐次リアルタイムに送信する方法も考えられたが、提示装置が多数であり通信時間が長くなるため、採用をしなかった。

4. 提示実験

それぞれの圖案が物理的に独立したディスプレイでの提示の有用性を検証するために、100個の提示装置を用いて、整列して配置・無作為に配置の両条件の下で静止画パターンと動画パターンの提示実験を行った。次に、整列していない圖案でパターンを提示した場合、本来のパターンの再現度を検証するため、提示装置を無作為に配置した場合に得られた提示において、感性評価実験を行った。

4.1 実験概要

100個の無線ノードを床面の600mm*700mmの領域に10個*10個となるように並べて配置し、位置同定用のIEEE1394カメラは床面から800mmの位置に三脚で固定した(図6)。粒子位置同定システムにより無線ノードの座標を(320, 240)の平面内で求めたのち、5*5の25マスの静止画パターンを提示した(図8)。次に、32フレームの動画(図10)のパターンを送信し、提示実験を行った。

次に、無線ノードを領域内に無作為に配置(図7)して同様の提示実験を行った。

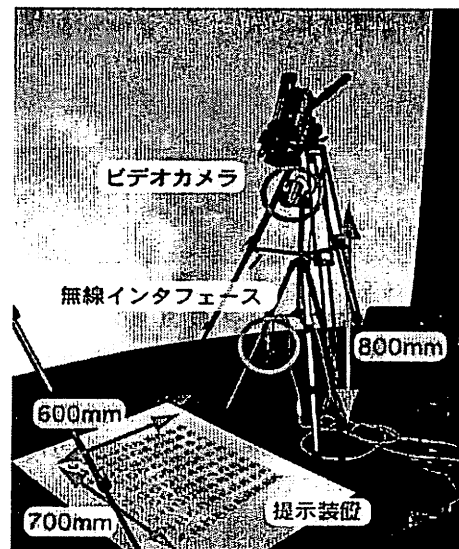


図6 実験環境

Figure 6 Experimental Environment

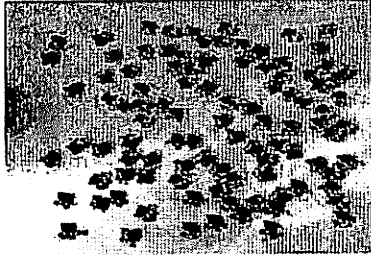


図 7 無作為に配置した無線ノード
Figure 7 RFID nodes placed randomly

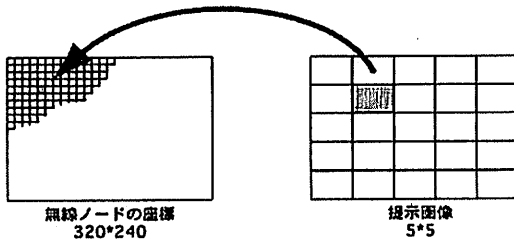


図 8 提示パターンと無線ノードの対応
Figure 8 correspondence between patterns and RFID nodes

4.2 パターン提示実験

まず、提示装置を整列して配置・無作為に配置，両方の条件での静止画パターンの提示が行われることを確認した(図 9)。

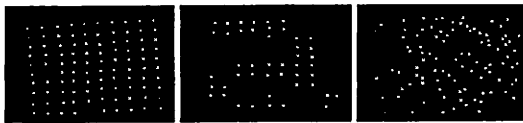


図 9 キャプチャした静止パターン
(左から、市松模様・'a'・縞模様 (無作為に配置))
Figure 9 Captured Still-Patterns
(from left : chess-board, 'a', stripe (placed randomly))

7 色の矢印が移動する動画(図 10)を提示させた結果を 図 11 と 図 12 に示す。

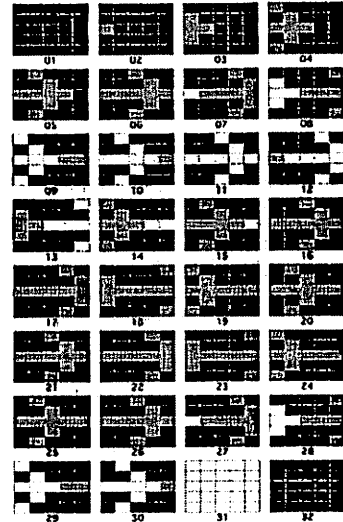


図 10 提示するパターン
Figure 10 Patterns to Display

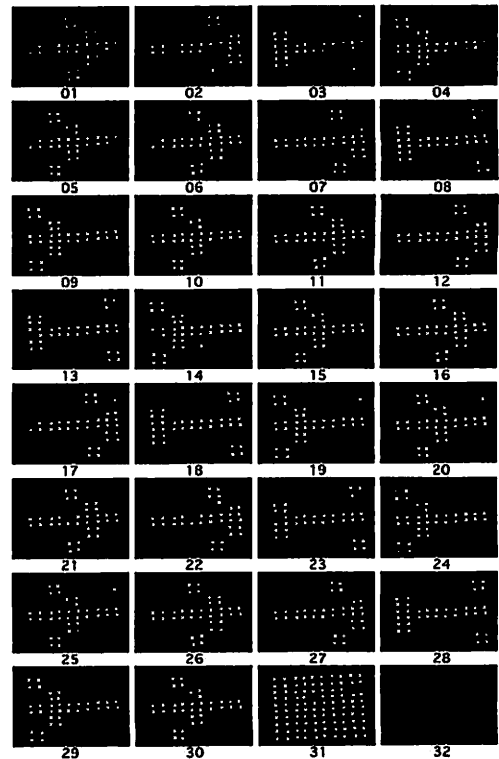


図 11 キャプチャした動画パターン(整列配置)
Figure 11 Captured Animation-Patterns
(Put in Order)

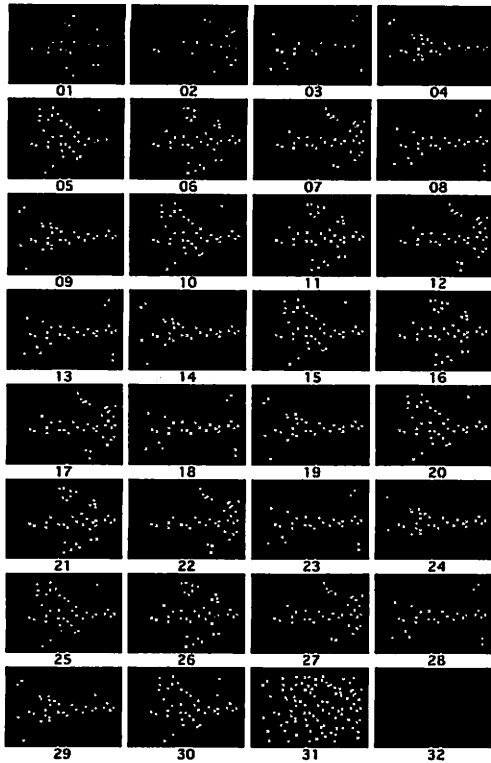


図 12 キャプチャした動画パターン(無作為に配置)
Figure 12 Captured Animation-Patterns
(Placed Randomly)

4.3 アンケートによる感性評価実験

4.2 節の実験で無作為に無線オードを配置し提示した動画パターンにおいて、どの程度パターンを再現出来ているかを、感性評価実験により検証した。提示した動画パターン(図 11)の各フレームを、元の提示パターンと共に 9 名の被験者に見せ、それぞれのパターンの再現度に対して

- 4:非常に良く分かる
- 3:分かる
- 2:かろうじて分かる
- 1:全く分からない

の 4 段階での評価を行った結果を表 1 に示す。

表 1 提示されたパターンに対する評価

Table 1 Evaluation of Displayed Patterns

フレーム番号	01	02	03	04	05	06	07	08
評価値の平均	3.1	2.9	2.1	2.4	1.9	3.7	2.0	1.8
評価値の最大	4	3	3	3	3	4	3	3
評価値の最小	2	2	2	2	1	2	1	1

フレーム番号	09	10	11	12	13	14	15	16
評価値の平均	2.0	1.3	2.0	1.9	1.6	1.7	1.3	3.2
評価値の最大	3	2	3	3	3	2	2	4
評価値の最小	1	1	1	1	1	1	1	2

フレーム番号	17	18	19	20	21	22	23	24
評価値の平均	2.8	2.4	2.8	1.9	3.4	3.0	2.3	2.2
評価値の最大	4	4	4	3	4	4	3	4
評価値の最小	2	1	2	1	3	2	1	1

フレーム番号	25	26	27	28	29	30	31	32
評価値の平均	1.7	3.4	2.6	2.2	1.8	1.3	2.0	4.0
評価値の最大	3	4	4	3	2	2	4	4
評価値の最小	1	1	2	1	1	1	1	4

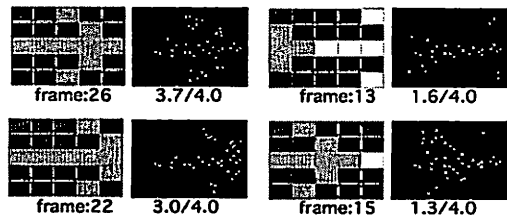


図 13 評価値の高い/低い提示パターン
Figure 13 Displayed Patterns with High/Low Score

評価値の平均には、フレーム番号によって大きなばらつきが見られた。これらの中から、評価値の平均が高かったものと低かったものの一例を図 13 に示す。

4.4 考察

100 個の無線ノードを用い、25 マスの画像を提示したため、平均的には 4 個の無線ノードにより 1 マスのデータが表示される。しかし、本来発光するべきでない位置の提示装置が発光した場合、たとえその数がわずかでも、評価値に大きく影響するということが分かった。これは、提示された図形の輪郭が明瞭でないためだと考えられる。12, 13, 14, 15 と連続して評価値が低かった。LED による黄色と赤色の発色との間にほ

とんど差異が無かったことにより、黄色の矢印と赤色の矢印の境界が判りづらく、双方が連続したひとつの図形と認識され、その形状の判断が出来なかったためであると考えられる。

また、31と32は、それぞれ'全マス白色発光'と'全マス無発光'であり、提示パターンとしての複雑さには変わりはない。しかし、それらの評価値の平均はそれぞれ2.0、4.0と、大きな差が見られた。この理由は、粒子型ディスプレイの周辺部が暗い領域つまり'無発光'の状態であり、'全マス白色発光'を行った場合では、ディスプレイ周辺部との境界形状が強調されたためであると考えられる。

ここで、矩形の楕に輪郭形状が重要な情報を持つパターンの提示について考える。この場合、無作為に配置した提示装置によってその領域の点では一定の再現性を得られたとしても、その輪郭形状の再現性が低かった場合には、十分に情報の提示が行われたとは言えない。この問題への対応策としては、提示したいパターンの領域にある提示装置をそのまま発光させるのではなく、形状の特徴を適切に再現することに重点を置き、発光させる領域の位置や大きさ・傾き等を調整する方法が新たに提案される。

5. まとめ

本研究では、広大な空間での不特定多数に向けたディスプレイとして、空間中に大量の粒子を配置し全体としてひとつのディスプレイを構成する、『粒子型ディスプレイ』を提案した。また、提示実験の結果、広大な空間での情報提示を行うディスプレイの構築可能性が示された。

ユーザへの情報伝達の為に、提示するパターンのサイ

ズや位置・傾き等を調整することによる、提示画像の輪郭形状を保持するアルゴリズムの適用が今後の検討課題である。

参考文献

- 1) Ramesh Raskar, Greg Welch, Matt Cutts, Adam Lake, Lev Stesin, and Henry Fuchs: "The office of the future: A unified approach to image-based modeling and spatially immersive displays", pp. 179-188, 1998.
- 2) C. Cruz-Neira, D.J. Sandin, and T.A. DeFanti: "Surrounding-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the cave" In Computer Graphics (Proc. of SIGGRAPH '93), pp. 135-142, 1993.
- 3) M. Hirose: "A multiscreen display for computer experiments" In Proc. of 2nd International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSM'97), pp.78-83, 1997.
- 4) Augmented solutions.
<http://microvision.ar-solutions.de/>
- 5) Ramesh Raskar, JeroenvanBaar, PaulBeardsley, ThomasWillwacher, Srinivas Rao, and Clifton Forlines: "lamps: geometrically aware and self-configuring projectors", ACM Trans. Graph., Vol. 22, No. 3, pp. 809-818, 2003.
- 6) Masahiko Inami, Naoki Kawakami, Dairoku Sekiguchi, Yasuyuki Yanagida, Taro Maeda, Susumu Tachi, Kunihiko Mabuchi: "Head-mounted projector for projection of virtual environments on ubiquitous object-oriented retroreflective screens in real environment", International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques ACM SIGGRAPH 99 Conference abstracts and applications