

# マイクロ・ナノ融合技術を用いた ユビキタス生活デバイスの実現

下山勲 松本潔 星野一憲

情報理工学系研究科知能機械情報学専攻

## 概要

我々のグループでは、マイクロ・ナノ融合領域での新機能を探求し、それを応用したウェアラブル/モバイル/インターフェースを構築する。さらにそれを発展させ、ユビキタス生活デバイスの実現を目指す。本年度は、人が集まる環境での画像情報の提示を想定し、特定の人に対して、その人に向けた画像を提示できる個別画像情報提示システムを提案し、その基礎的な機能の確認を行った。このシステムは、複数の人に向けて、同時に別個の画像を提示することが可能である。

ユビキタス社会においては、いつでもどこでも情報にアクセスすることができる。人への情報の提示は、音、匂い、味等も考えられるが、やはり画像による情報提示が中心となるであろう。しかし人が集まる環境で個人へ情報を提示する場合、ディスプレイをのぞかれてプライバシーが漏れることが懸念される。また、公共ディスプレイの様に、多くのユーザが同時に共用して用いることを想定した場合、プライバシーの他に、ディスプレイが一人の個人に占有されるという問題が生じる。

このような問題に対して、複数のユーザを対象とした、個別画像情報提示システムを提案する。このシステムでは、1つのディスプレイエリアをユーザ全員で共有し、かつ各ユーザの方向にはそのユーザが必要とする情報のみを提示する。一人のユーザで用いる場合には、ユーザ以外の方向には画像が表示されず、プライバシーを保護することができる。

本研究で提案する個別画像提示システムは、1つのディスプレイから方向依存性のある複数の

画像を提示する複数画像表示部と、ユーザの固有情報やディスプレイに対する方向を検出する方向探知部から構成される。

個別情報提示システムの全体構成を図1に示す。このシステムでは、ユーザはIDタグのような発信機を所持することを想定している<sup>[1][2]</sup>。IDタグから送信される電波を受信し、ユーザの固有情報と、ユーザのいる方向を検出する。これにもとづき、そのユーザに向けて画像情報の表示を行う。複数のユーザに対して、同時に個別情報を提示できる。ユーザがいない方向には、不特定多数の人のための画像を表示することも可能である。特定のユーザが見る固有の画像は、他の観察者のいる方向からは見ることができない。

複数画像表示部の構成を図2に示す。全体構造は、図2(a)の様にLCDパネルにシリンダリカルレンズのアレイを重ねた構成になっている<sup>[3][4]</sup>。シリンダリカルレンズは、その名の通り円筒の一部の形状をしており、光を1軸方向のみに収束・発散させる。図2(b)の様に、一つのシリンダリカルレンズの下に複数の画素を配置すると、画素に応じて光は異なった方向に出射される。画素を選択することで、特定方向に画像を表示することができる。

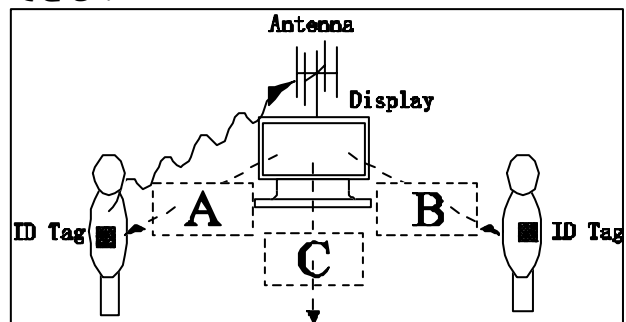


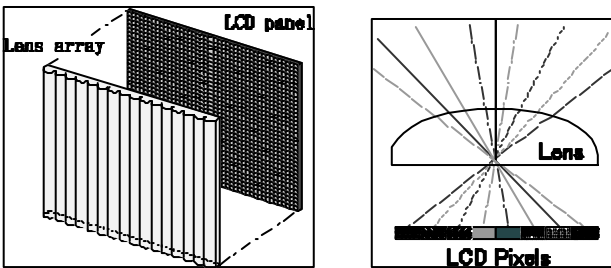
図1 個別情報提示システム全体構成

画像を特定方向にのみ表示するためには、レンズから出射した光が平行光でなければならない。しかし LDC の画素は点光源ではないため、レンズの焦点位置に画素を配置すると、出射光は平行光にならない。平行光にするためには、画素をレンズの焦点位置の前あるいは後に設定する必要がある。その様子を図 3 に示す。

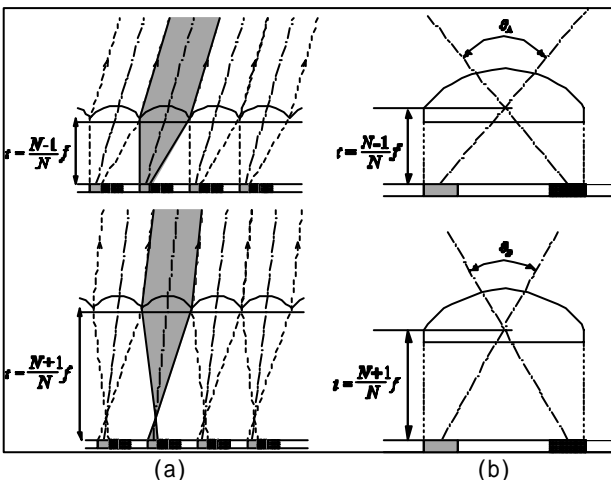
図 3 の式で、 $f$  はレンズの焦点距離、 $N$  は一つのレンズの下に設置されている画素数を表す。焦点位置の前あるいは後にで出射光束は平行光となるが、図 3 (b) に示すように、焦点位置の前に画素を設定する方が出射光束の振れ角を大きくとれるため、この位置に画素を設置する。

方向探知部は、ユーザの持つ ID タグの電波から、その発信源の方向を探索する。図 4 は、放射器と反射器からなる、2 エレメントのアンテナの模式図である。このアンテナのビームパターンは、主ビーム方向を基準とした電波の入射角をとすると、 $A+B\cos(\ )$  で近似することができる。

図 5 は、空間をスキャンするため、一つの放射



(a) (b)  
図 2 複数画像表示部の構成



(a) (b)  
図 3 レンズ位置による出射の違い

器の周囲に 4 つの反射器を設置したアンテナである。反射器を一つずつアクティブにすると、図 5 に示す信号が得られる。

図 6 に、このアンテナを用いた発信源探索の原理を示す。点線は、反射器の切り替えに対応する信号、実線はそのときの検出信号の強度である。反射器を切り替えて空間をスキャンすると、そのときのビーム方向に応じて信号強度が変化する。アンテナの切り替えと、信号強度変化の位相のずれが、電波の到来方向を表す。反射器の切り替え

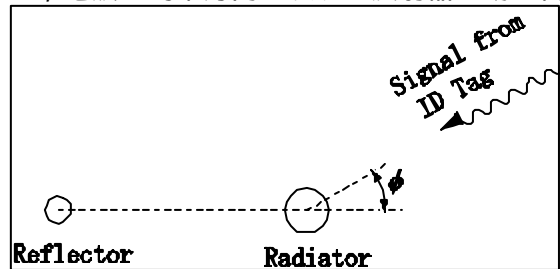


図 4 アンテナの単体構成

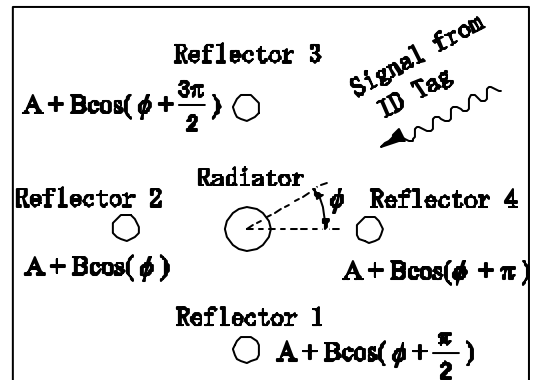


図 5 空間スキャンのためのアンテナの構成

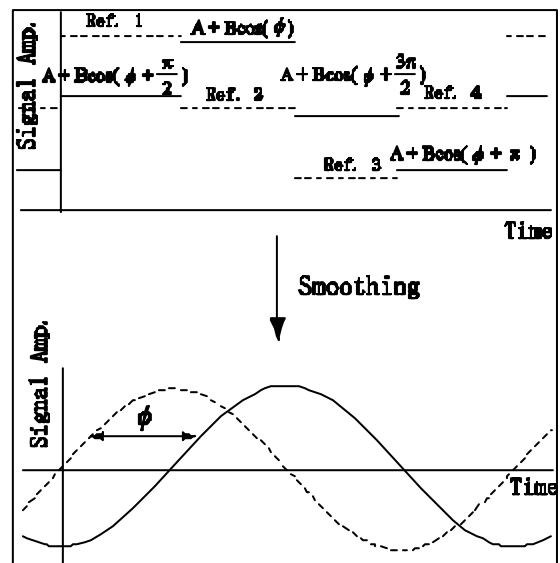


図 6 方向検出の原理

信号および検出信号を、切り替え周波数のバンドパスフィルタを通してスムージングを行うと、その位相差が発信源の方向となる。

複数画像表示部の LCD パネルとして、市販のノート PC を用いることとした。この LCD の画素ピッチは  $240\ \mu\text{m}$ 、また一つのシリンドリカルレンズの下に 8 画素を配置することにしたため、レンズアレイのピッチは  $1920\ \mu\text{m}$  となる。

図 7 に、レンズアレイ製作のための金型を示す。金型の材質は比較的柔らかく加工のしやすいアルミニウムとし、マシニングセンタを使用して、かつ精度を保つため加工中の摩擦熱を放散させながら加工を行った。

金型を用いてレンズアレイを製作するプロセスを図 8 に示す。金型よりもひとまわり大きい容器を用意し、薄い金属平板を中に敷く。次に、レ

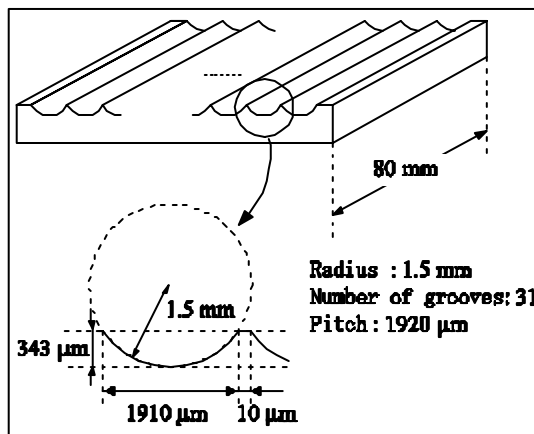


図 7 レンズアレイ用金型

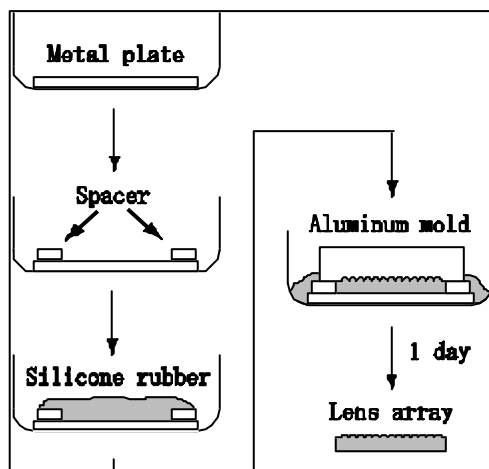


図 8 レンズアレイの製作プロセス

ンズアレイの厚さのスペーサーを配置し、レンズの材料となる脱泡したシリコンゴムを流し込む。シリコンゴムは、WPI 社製 Sylgard (SYLG184) を用いた。その後、上から裏返しにした金型をゆっくりと押し付ける。このとき、シリコンゴムに少量の気泡が混ざることがあるが、脱泡を行っているためある程度の空気は溶け込んでしまう。その状態で約一日放置してシリコンゴムを硬化させた後、レンズアレイを取り出す。試作したレンズアレイを図 9 に示す。

レンズアレイを LCD パネル上に設置し、画像表示部としての特性の評価を行った。評価装置を図 10 に示す。LCD を 1 ラインずつ発光させ、見込み角を変化させた時の光の強度を計測した。光強度の計測には、分光光度計を用いた。計測した結果を図 11 に示す。これより、ある 1 ラインを発光させても、その隣のラインの出射方向に対して約 80 % の強度を持っていることがわかる。またラインを切り替えたときの出射方向の変化は、

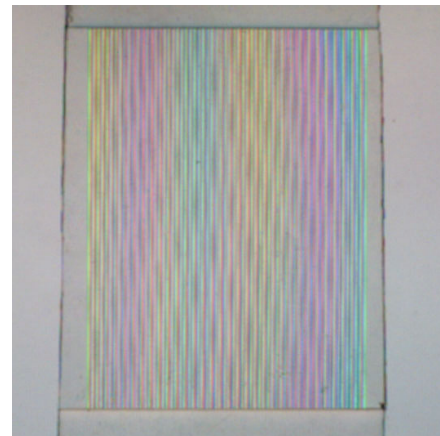


図 9 シリコンゴムを用いたレンズアレイ

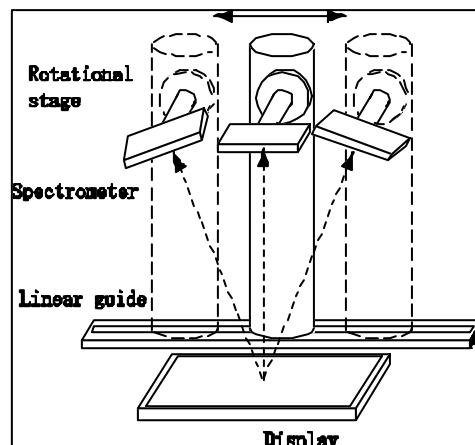


図 10 画像表示特性の計測装置

約5.5度である隣のラインの出射方向にも80%の漏れ込みがあることから、見やすさを向上させるため、図12に示すように1ライン毎に発光させ、その間のラインは黒とすることにした。今回の試作では一つのレンズの下に8ライン並んでいるため、4方向への画像の提示が可能となる。

方向探知部は、ID タグの代わりに、UHF 帯の発信器を用いて実験を行った。

図13に、放射器、反射器一つずつでのアンテナのビームパターンを示す。メインビームの方向を基準とし、受信した電波の強度を示した。空間スキャン用のアンテナでは、1つの放射器の周りに、等角度に8つの反射器を配置した。

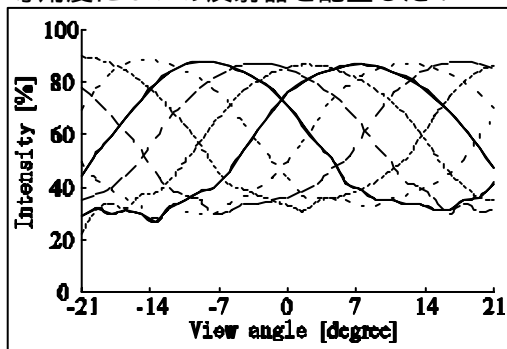


図11 出射方向と出射強度

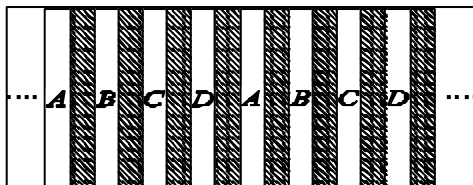


図12 LCD への表示方法

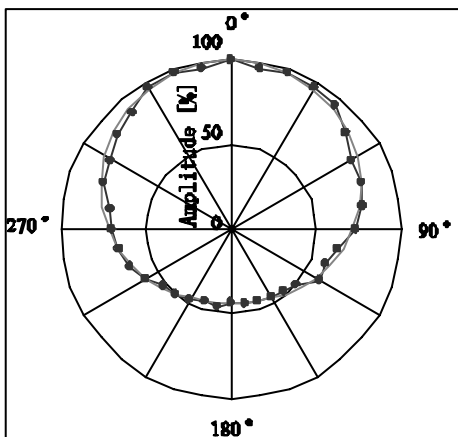


図13 アンテナ単体構成でのビームパターン

図14に、方向検出回路のブロックダイアグラムを示す。発振器で400Hzの信号を作り、それを16分周して1周分の反射器切り替え信号を生成する。そのため、スキャンの周期は25Hzとなる。反射器は8本であるため、2カウント毎に切り替え、1つの反射器が5msecの間だけアクティブになるように設定した。

アンテナで受信された信号は、検波された後、増幅される。階段波となる信号から到来方向を検出するために、階段波を反射器の切り替え周波数で平滑化が必要がある。そのため、中心周波数25Hz、Q12のバンドパスフィルタを通す。移相回路は、アンテナの設置上の角度誤差などを補正するためのものである。25Hzの正弦波となった信号をコンパレータに入れ、零クロス点を検出する。その信号をトリガーとして、カウンタにラッチをかける。ラッチした値が、反射器切り替え信号との受信信号の位相のずれ、すなわち電波の到来方向を表す。方向探知の範囲は0度から180度までとし、それを16分割した。そのため、11.25°ごとに発信器がどの角度の範囲内にあるかを検出できる。

方向探知部の、方向検出精度の検証を行った。発信機とアンテナの距離を一定に保ちながら、0°から90°まで10度ごとに発信機を動かし、方向検出結果と実際の角度を比較した。その結果を図15に示す。ほぼ正確に、発信機が検出できていることがわかる。アンテナとの距離が3mになると検出精度が落ちる。これは距離が離

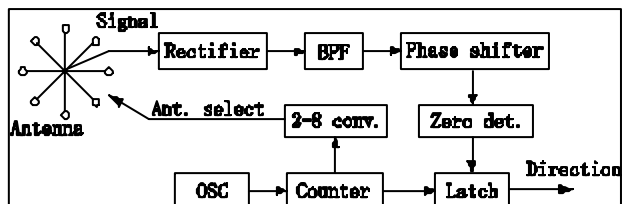


図14 方向検出回路のブロックダイアグラム

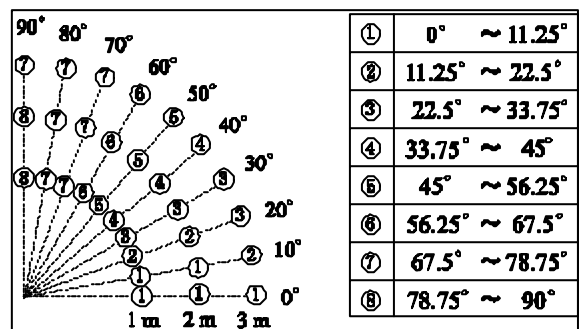


図15 アンテナからの距離と検出された方向

れると電界強度が低下し、壁等で反射した反射波の影響を受けやすくなるためと考えられる。

図 1 6 に、画像表示部のディスプレイと方向探知部のアンテナの配置の様子を示す。ディスプレイとアンテナの放射器は同じ位置になるように配置され、探知した方向と、表示する方向を同一にできるようにした。方向探知の分解能は  $11.25^\circ$ 、複数画像表示の分解能は  $11^\circ$  とほぼ同じであり、実用上の不都合は生じないと考えられる。図 1 7 に、試作した個別情報提示システムの写真を示す。

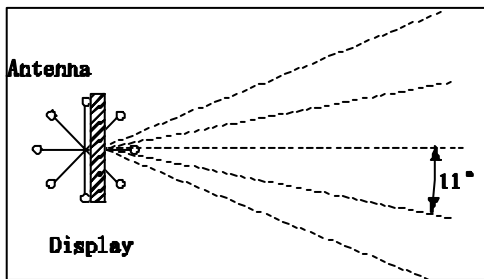


図 1 6 ディスプレイとアンテナの配置

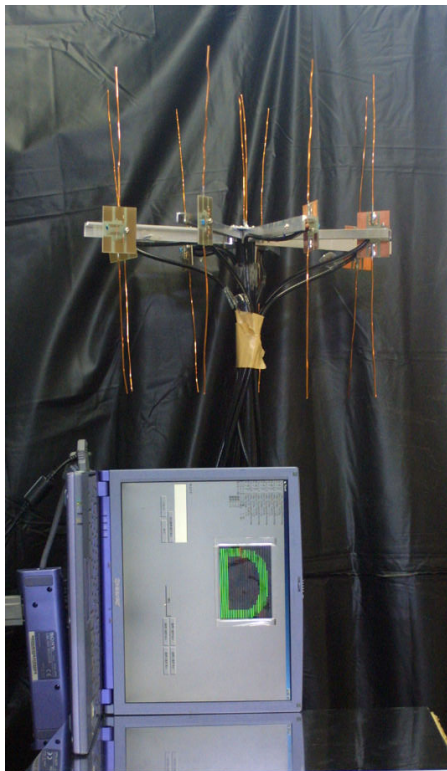


図 1 7 試作した個別情報提示システム

本研究の個別情報提示システムでは、観察者の位置により、段階的に表示する画像を切り替えている。同一画像を表示すべき領域において、観察者の位置が変化しても正しく画像が表示されるか、評価を行った。図 1 8 に示す一つの画像表示領域内において、(1)、(2)、(3) と観察者の位置を変化させ、そのときに画像が正確に表示されている率を計測した。計測は 1 箇所につき約 30 秒間行い、その間にアンテナは 750 回の空間スキャンを行う。その結果を図 1 9 に示す。観察者が表示領域のほぼ中央に位置している場合には 100% の提示率が得られているが、境界付近に位置している場合には提示率が 55% 前後にとどまっている。この場合、残りの 45% 前後は隣の領域で表示すべき画像が提示されている。

この問題を解決するため、観察者のいる方向の検出を 100 回行い、方向の一致する確率が低い場合には、画像の表示を行わないことにした。100 回の検出に要する時間は 300msec であり、その間に方向探知部は 7.5 周、空間のスキャンを行う。先の実験から、画像表示領域の境界付近に観察者がいる場合、画像が正しく表示されている確率は 55% 前後であった。そこで、閾値となる確率を 50~65% の間、5% おきに 4 段階に変化させ、評価を行った。その結果を、図 2 0、2 1 に示す。

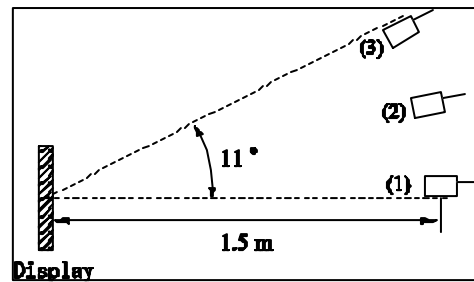


図 1 8 同一領域内での画像表示実験

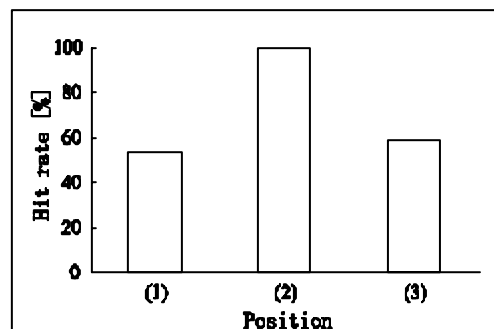


図 1 9 同一領域内での画像表示率

なお実験を行ったのは、図18の(1)の位置である。

図20は、隣の領域の画像ではなくその領域で表示されるべき画像が正しく表示される確率である。閾値を60%以上とすると、100%正しい画像が提示されている。図21は、画像が表示されている時間の割合である。閾値を60%以上とすると、急激に画像が表示時間が少なくなる。これらの結果は、領域の境界の厳しい条件の下での実験であるので、実用上は閾値を60%とすればよいと考えられる。

特定の人に対して、その人に向けた画像を提示できる個別画像情報提示システムを提案し、その基礎的な機能の確認を行った。

試作したシステムは、シリンドリカルレンズアレイとLCDパネルを組み合わせた指向性を持った複数画像表示部と、電波を用いてユーザの方向を検出する方向探知部から構成される。

指向性を持った複数画像表示部では、設計通りの画像提示の指向性が得られた。しかし、隣あった画素間の出射方向の分離性は、まだ不十分であった。これについては、画素一つおきに黒の無情報画像をはさむことにより提示画像の見やすさを向上させ、対処した。

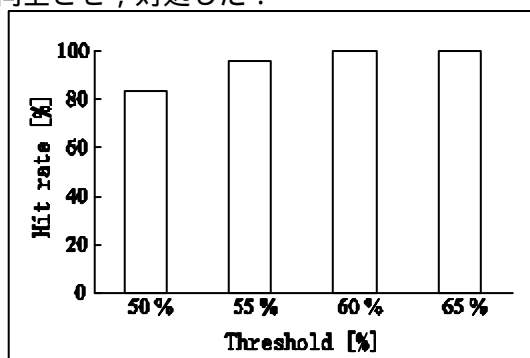


図20 領域境界付近での方向検出閾値による正しい画像の表示率

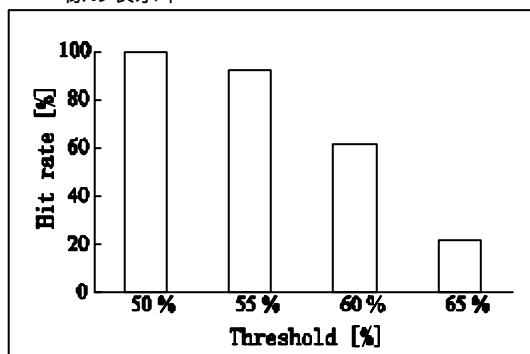


図21 領域境界付近での方向検出閾値による画像が表示されている時間率

ユーザの方向を検出する方向探知部では、放射器の周りに複数の反射器を配置したアンテナを用い、可動部なしに空間をスキャンして、方向の探知を行った。方向探知の精度を調べる実験を行い、人がディスプレイや掲示板などを見る距離1~2mにおいて、高い方向検出精度が得られた。

個別画像情報提示システムとして評価を行い、ユーザの位置に応じて画像を切り替えることができた。今回の試作システムでは、11°毎に4枚の画像を切り替えることができる。また、画像切り替え領域付近での不安定さを解消するため、複数回の方向検出を行い、その検出確率に応じて画像を表示する手法を用いた。

- [1] 坂田宗之, 安室喜弘, 井村誠孝, "ALTAIR: アクティブIRタグを用いた複数ユーザ位置同定システム," 電気学会論文誌, Vol. 123, No. 8, pp. 279-284, 2003.
- [2] 椎尾一郎, "RFIDを利用したユーザ位置検出システム," 情報処理学会研究報告, Vol. 2000, No. 39, pp. 45-50, 2000.
- [3] A. Nakai, K. Matsumoto, I. Shimoyama, "A Stereoscopic Display with a Vibrating Microlens Array," Proc. 15th IEEE MEMS, pp. 524-527, 2002.
- [4] 乾谷 正史, "レンチキュラー板立体写真の結像特性," 光学, Vol. 8, No. 4, pp. 229-236, 2003.