

# 単眼HMDによる環境情報視覚化システムの開発\*

大林真人<sup>†</sup> 西山裕之<sup>†</sup> 溝口文雄<sup>‡</sup>

東京理科大学 情報メディアセンター<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

ウェアラブルコンピュータは計算機と操作インターフェースを自然な形で携帯することによってユーザーに対して様々なサービスを実現することを可能にするものである。これによって、ユーザーの周囲に発生する事象やユーザー自身の生理・生態情報をセンシングし、処理することによってユーザーの知覚や記憶等の能力を増大させることが可能であると考えられる。特にスマートオフィス [2] に代表される情報化された環境を併用した場合には、環境情報とその変化をも、ウェアラブルコンピュータを通じて、使用者に伝達させることが可能となる [1]。しかし、ウェアラブルコンピュータで使用されるディスプレイは片目型のHMDや腕時計上のディスプレイなど非常に小型であるため、環境情報のように広い面積と多様かつ多量の情報を一度に表示することは非常に困難である。また、高解像度化された小型ディスプレイに対して単純に情報を詰め込むことは、個々の情報の視認性と認識性を喪失することとなる。

本研究で開発するシステムは、上記の問題を解決することを目的としたものであり、様々な情報を内包する環境情報を効率的にユーザーに提示することを可能とするものである。本研究で対象とするウェアラブル用ディスプレイは約12mm四方の大きさと640x480の解像度をもつ片目型ヘッドマウントディスプレイであり、この領域への描画を対象とした視覚化システムを開発する。また、評価実験によって本研究によるシステムの評価を行い、有効性について検討する。

## 2 設計方針

有限の表示領域に対して、多くの情報を提示するための視覚化手法については多くの研究が行われている。ユーザーの注目箇所を拡大し、なおかつ全体を概観する視覚化手法には非線形変換が適している。本研究における視覚化システムにおいては、Hyperbolic Tree[4]

やKAGAMI[3]に代表される双曲座標を用いた非線形変換を用いる。この手法の最も大きな利点は、多数のノードによって構成される構造の全てを指定の領域内に表示することが可能な点である。しかし、この変換操作を行うことにより、ノードの位置関係全てを双曲幾何によって変換してしまうため、ノード間の位置関係および隣接するノード間を結ぶアークが歪んで表示される。この性質はWebページのようにノード間の距離が実世界上での意味を為さない場合には閲覧者に対するデメリットは全く存在しない。その理由は、閲覧者は隣接するノードが明確であれば、その位置関係には配慮しないためである。しかし、本研究による視覚化システムにおいて、ノードに対応するものは実世界に備え付けられたセンサ等の機器である。このとき、表示される各ノードは実世界における環境と1対1に対応するため、双曲変換による表示位置の歪みは重要な問題となる。なぜならば、変換射影されたノード位置の歪みが、ユーザーが表示された環境情報から実世界の位置と状態を直感的に読み取ることを阻害するためである。また、表示を試みる情報の量および範囲の大きさに比例して、この歪みは大きいものとなる。そこで、本研究では双曲座標による変換処理の一部に線形処理を用いることによってこの問題を解決する。

## 3 視覚化システムの実装

以下に視覚化システムの変換アルゴリズムを示す。

$$\begin{cases} \text{if}(z \geq A) \\ \quad (x_{hi}, y_{hi}, z_{hi}) = (x_i, y_i, \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + 1}) \\ \text{else if}(1 \leq z < A) \\ \quad x_{hi}^2 + y_{hi}^2 = r^2 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $x_i, y_i$  は実環境に基づいた各ノードの座標であり、 $x_{hi}, y_{hi}, z_{hi}$  はそれぞれ双曲座標に変換された座標を示す。これらの座標と点(0,0,-1)を結ぶ線分を求め、 $z = 0$ との交点に変換されたノードの位置となる。ここで、本研究による視覚化手法は、 $z$ 軸上の任意の点(0,0,A)(但し $A > 1$ )において双曲座標を切断する。切断面は $x^2 + y^2 = A^2 - 1$ を満たす円形となる。これにより、仮想平面中心から直径 $\sqrt{A^2 - 1}$ の範囲に配置されるノードは双曲座標による変換を受けずに描

\*The Design of Informatio Visualization System for Sensor Network

<sup>†</sup>Makoto OOBAYASHI, Hiroyuki NISHIYAMA, Fumio MI-ZOGUCHI

<sup>‡</sup>Tokyo University of Science, Information Media Center

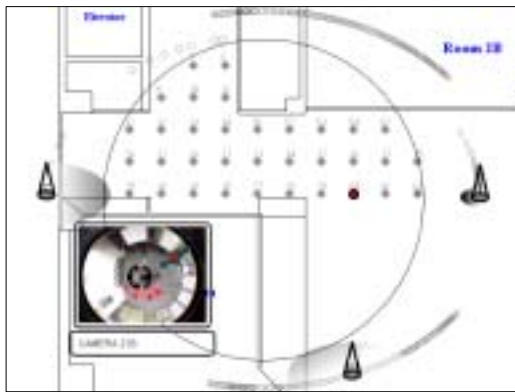


図 1: イベントノードおよびノード情報の提示

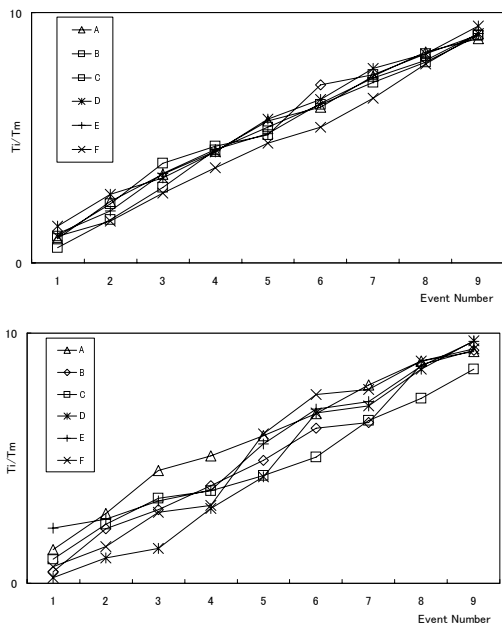


図 2: 実験結果 2: 上図は本論文による視覚化システムの結果。下図は変換処理を使用しない場合における結果。

画平面へと射影されるため、一部のノードを線形ズームのみで表示することを可能とする。

図 1 に本研究の視覚化システムによる環境情報表示例を示す。ユーザーの注視領域におけるノードは線形的に表示され、他のノードは非線形変換によって画面の縁に射影されていることが確認できる。

#### 4 評価実験

本研究によって開発された視覚化システムの有効性を示すために数人の被験者によって本システムを使用し、その結果を通じて評価を行う。本システムの適用場所は東京理科大学情報メディアセンターであり、多種多様なセンサ、カメラ、ロボットが実装された環境である。有効性の評価尺度として、環境内に生じた特定のイベントを検出するまでの時間を計測する。実験

には、6人の被験者を用意し、各個人ごとに実験を行った。ここで、本システムとの比較として、視覚化技術を使用しない環境情報の描画システムを併用し、同じ被験者に同様の実験を行わせることによって比較を行う。

図 2 は被験者が HMD を使用して環境内で発生したイベントを捉えるまでに要した時間を示している。グラフ中に示されるデータの数値は 6 つであり、それぞれ異なる被験者によって測定されたものである。環境内におけるイベント情報を取得するまでの時間を各被験者が実験全体を通じてイベント情報検出に要した時間の平均 ( $T_m$ ) で割ることにより無次元化してプロットする。図 2 上は、本研究による視覚化システムを使用した結果であり、全ての被験者のデータが、ほぼ同一線上に表れることが確認できる。一方で、通常の描画方法を用いた図 2 下の結果を参照すると、図 2 上と比較して、データ間の差が非常に大きいことがわかる。これにより、一定した評価結果を示す我々の視覚化システムは、ユーザーに対して直感的な情報伝達と操作性を提供することが可能であると考えられる。

#### 5 まとめ

本研究では、ウェアラブルコンピュータによる情報化環境の効率的な情報提示を実現する視覚化システムを開発した。我々が開発した情報化環境視覚化システムは、双曲変換による非線形ズームと線形ズームの両方を使用することによりユーザーの注視箇所を分かりやすく表示すると共に、その他の全ての環境情報を画面内に描画することを可能にした。これにより、ユーザーは線形的にズームされた注視箇所とその周辺の情報閲覧を行いながら、他の環境情報の変化の全てを捉えることが可能となる。そして、これらの効率性を複数の被験者による評価実験によって明らかにした。

#### 参考文献

- [1] Bradley J.Rhodes, Nelson Minar and Josh Weaver, "Wearable Computing Meets Ubiquitous Computing: Reaping the best of both worlds," In Proceedings of ISWC'99, pp.141-149, IEEE Computer Society, 1999.
- [2] F.Mizoguchi, H.Nishiyama, H.Ohwada and H.Hiraishi, "Smart office robot collaboration based of a multi-agent programming," Artificial Intelligence, Vol.114, 1999.
- [3] H.Hiraishi, F.Mizoguchi, "WWW Visualization Tools for Discovering Interesting Web Pages," Progress in Discovery Science, pp.650-660, 2002.
- [4] J.Lamping, R.Rao, P.Pirolli, "A Focus+Context Technique Based on Hyperbolic Geometry for Visualizing Large Hierarchies," Proc.ACM CHI'95, 1995.