

# 送風ディスプレイを用いた協調型アンビエントシステムの提案

## A Proposal for Collaborative Ambient Systems with Blow Displays

水口 充      中村 聡史\*

**Summary.** We implemented blow displays, which provide force feelings with no contact. Although blow displays can use only wind velocities and directions to represent information, they are less intrusive and less visually polluting to other media than other displays. We propose collaborative ambient systems to utilize blow displays' characteristics of spatiality and compatibility with other media. In collaborative ambient systems, blow displays direct the user to displays that provide rich information. Blow displays can also express information auxiliary to the main content the user is attending to. In this paper, we describe some on-going applications and discuss their benefits and issues.

### 1 はじめに

ユビキタスコンピューティングにおいては、日常生活の継続的な支援は最も期待される用途の一つである。この用途のために、アンビエントディスプレイと称される、周辺の装置を通じて環境の状態や情報を暗示的に表現する手法が多数提案されている。

アンビエントディスプレイはユーザの活動を妨げないように、ユーザへの気付けをインタラクションの基本としている。このために、アートの表示内容や、1～数個程度の光源、デバイスの物理的な動きなどによる、生活空間に溶け込むようなデザインが用いられることが多い。すなわち、シンプルな表現と機能によって直感的な情報の理解とシステムの環境性を実現している。

しかし、このアプローチにも幾つかの問題がある。問題の一つは、視覚情報は見なければ気付かない、という点である。光や動きは比較的気付きやすい表現形態であるが、それでも視野内になければ気付くことはできない。また、気付きやすさは情報量とのトレードオフになりがちである。音の併用は通知性を高めるためには有用であるが利用環境によっては適さないことがある。

もう一つの問題として、複数のアンビエントディスプレイの併用が挙げられる。個々のアンビエントディスプレイが適切にデザインされていても、同時に数多くのディスプレイを使うと、環境的な騒がしさを感じるようになる、表現と内容との対応関係が理解しにくくなる、などの問題が予想される。

さらに、提示可能な情報量の問題もある。多くのアンビエントディスプレイは少ない情報量のみを扱うが、実用上不十分であることも予想される。ユーザが情報の存在に気付き、興味を持ったときには、

より詳細な情報への誘導や積極的なインタラクションの誘発が必要となるであろう。

これらの問題に対し、非接触型力覚ディスプレイとしての送風ディスプレイと、情報量の多い一般的なディスプレイ装置との組み合わせによる協調型アンビエントシステムを我々は提案する。

### 2 送風ディスプレイの特徴

送風ディスプレイとはユーザに対して風を送ることによって力覚を提示する装置である。非接触型であるのでユーザは器具を装着したり触れたりする必要がないという利点がある。反面、十分な風量を送るには適度な大きさのファンや電力が必要となるが、壁、家具、家電機器などに設置して住環境中に固定的に配置するような運用であればさほど問題にならないであろう。

風によって表現可能な量は、風量と風向である。更に、例えば断続的に送風と停止をパターン化するなどの、時系列的な変動も利用可能である。情報量としては少なく、抽象度がかかなり高いが、アンビエントディスプレイとして利用するには十分である。

特に、風向によって方向を提示できるという特徴は、実空間を対象としたユビキタスコンピューティングにとって有用である。例えば、具体的な内容を表示する他のディスプレイ装置を送風ディスプレイが指し示すことによって、多様かつ豊富な内容の情報を扱うことができる。この方法によれば、表現と情報との対応づけが理解しにくいというアンビエントディスプレイの課題が解消できる。

また、力覚を利用することでユーザの視線に関わらず情報の存在に気付かせることができるし、視覚表現を持たないので生活環境を視覚的に煩雑にすることはない。

さらに、視覚や聴覚とは別のモダリティであるので、ユーザが何らかのコンテンツを視聴中でも風は

Copyright is held by the author(s).

\* Mitsuru MINAKUCHI, 情報通信研究機構, Satoshi NAKAMURA, 京都大学大学院情報学研究科

知覚できるという利点がある．これは，ユーザの活動を妨げないだけでなく，視聴中のコンテンツに関する補助的な情報を提示したり，関連情報の存在に気づかせる，といった用途にも使うことができる．

### 3 試作

風量をコンピュータから制御できる送風ディスプレイを試作した．

図 1 は直流ファン<sup>1</sup> と Phidgets 社<sup>2</sup> 製 Phidgets Motor Control の組み合わせによるものである．

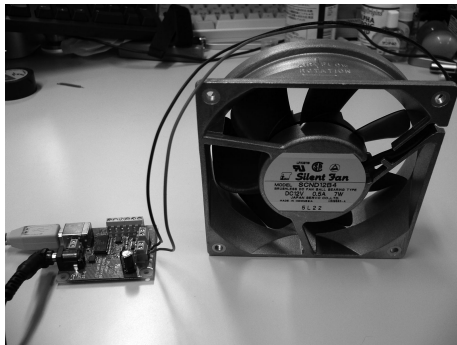


図 1. 直流ファンを用いた送風ディスプレイ

Phidgets Motor Control はパルス幅変調によって DC モータの回転速度を制御することができる．仕様上は -100 から 100 の範囲の整数値を制御値として採りうるが，用いたファンは逆回転に対応していないので正の値のみが利用可能であること，実際のパルス幅は 64 段階であること，停止状態からファンを回すのに十分なトルクを生じるためには約 40 以上の制御値を要することから， $64 \times (100 - 40) / 100 =$  約 40 段階で回転速度を制御できる．

表 1 は開放条件下で 3 段階の制御値と 3 種類の距離の各条件ごとに，熱線式風速計を用いて 50 回測定した風速の平均値と分散である．各制御値で 30 cm の距離での風速の方が 40 cm での風速よりも小さくなっているのは，開放条件のため渦流れが生じるなど複雑な流れ場となっているためと予想される．ファンから等距離であれば，概ね制御値に応じた風速が得られるが，必ずしもニアな関係ではないし変動も少なくない．このタイプの送風ディスプレイを設計・使用する際にはこれらの風速のばらつきに配慮する必要がある．

図 2 は市販の扇風機の風量スイッチをリレーで切り替えるように改造したものである．扇風機は小型・縦長のシロッコファンで，電圧を機械的に切り替えることで 3 段階の風量調節ができる．このスイッ

制御値	60			80			100		
距離 / cm	20	30	40	20	30	40	20	30	40
風速 / ms <sup>-1</sup>	0.39	0.33	0.34	0.54	0.47	0.54	0.81	0.64	0.75
分散 / m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	0.012	0.026	0.026	0.013	0.049	0.054	0.019	0.049	0.075

表 1. 入力値と距離に応じた直流ファンの風速の実測値

チの配線を Phidgets のリレーにつなぎ変え，コンピュータから風量を制御できるようにした．



図 2. 扇風機を改造した送風ディスプレイ

表 2 は表 1 と同様の条件下で測定した風速の平均値と分散である．直流ファンを用いたものに比べると風速が大きいいため，安定して距離に応じて風速が減衰している．

段階	弱			中			強		
距離 / cm	20	30	40	20	30	40	20	30	40
風速 / ms <sup>-1</sup>	3.24	2.53	2.14	3.67	3.01	2.46	4.16	3.39	2.91
分散 / m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	0.021	0.053	0.068	0.045	0.059	0.11	0.056	0.070	0.084

表 2. 入力値と距離に応じた扇風機の風速の実測値

実際に風を知覚する際には風速よりも風量の影響が大きいと予想される．風量の測定は行っていないが，著者らの体感では，どちらの装置でも風速に応じた風量の多寡を知覚することができた．なお，開口部の面積は前者の装置では 113 cm<sup>2</sup>，後者は 68 cm<sup>2</sup> であった．

風量の識別に関しては定量的な評価はまだ行っていないが，著者らによる予備実験では，扇風機の 3 段階の風量の違いは容易に認識できたが，直流ファンの場合は小さな差異は認識しづらかった．

風向を制御するためには，ユーザの周囲に配置した複数のファンを制御する方法と，ファン自体の向きを変える方法とが考えられる．前者の方法は，例えばオフィスで作業している場合などの，ユーザの位置が固定的である場合に適しているが，個々のファンが風を提示できる空間的範囲が限られる．後者は，個々の空間的範囲は広く，適切な配置と制御によって任意の場所で任意の風量と風向を提示できる可能性がある．

今回は風向の効果を模索するための手始めとして，

<sup>1</sup> 日本サーボ株式会社製ブラシレス DC ファン SCND12B4．直径 120mm，7 枚羽根，12V・500mA で駆動，最大風量 3m<sup>3</sup>/min

<sup>2</sup> <http://www.phidgets.com>

ファン2台を固定的に配置する単純な実装を行った。図3および4はそれぞれのファンをユーザの後方、左右約30度に配置した例である。図3のように椅子に据え付ける設置方法は、ユーザとファンの相対位置が一定となるので、風向を正確に提示しやすい。



図3. 椅子に2つの直流ファンを設置した例



図4. 棚に2つの扇風機を設置した例

風向の識別に関しても定量的な評価はまだ行っていないが、著者らによる予備実験では、左右のファンのいずれか一方のみが駆動されている場合は概ね正しく風向を判断できた。また、両方のファンが同時に駆動されている場合は、それぞれの風速に応じて判断の可否は分かれた。例えば、双方のファンの風速の差が大きい場合には風速が小さい方は知覚されにくいし、風速の差が小さい場合には双方の風速の違いが知覚されにくかった。

## 4 応用

2節で述べたような特徴を考慮し、次の2つの利用形態でアプリケーションを試作している。

### 4.1 周辺ディスプレイとの連携

液晶モニタの低価格化やPCの高機能化に伴い、個人が複数のディスプレイを同時に使用するような作業環境も増えてきている。広大な画面には様々な情報ツールやコミュニケーションツールを常時表示させておいて、随時閲覧したり新着情報を

確認している。また、情報を提示し続ける「眺めるインタフェース」[8]も提案されている。

これらの継続的な情報ツールはユーザによる気付きを前提としているが、重要な、あるいは緊急性の高い情報などを表示している際には積極的に気付かせたい場合もある。

そこで、ユーザが見るべき方向＝見て欲しい情報を表示しているディスプレイの方向を送風ディスプレイで指し示す実装を行っている。例えば図5のようにディスプレイと送風ディスプレイを配置し、左右のディスプレイにWebページや写真などを自動的に更新しながら表示し続け[2][6]、新しいコンテンツが表示されたタイミングで、ディスプレイに対応した風向で送風する。

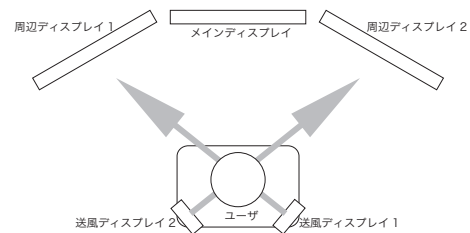


図5. 方向を指示するための配置例

### 4.2 閲覧中のコンテンツの補助

コンテンツの内容とは直接的には関係ない補助的な情報を風で表現する応用例として、ネット上の掲示板の盛り上がり度に応じた風量を閲覧中に提示する実装を行っている。

例えば、「2ちゃんねるニュース速報+ナビ」<sup>3</sup>では、ニュース記事ごとのスレッドでの平均投稿速度を「xx res/h」のような形で、人々の反応の高さを表示している。この値に応じた風量を記事の閲覧中に提示することで、ユーザは数字を見なくてもニュース記事に対する反応の多さを感じ取ることができる。同様に、テレビ番組と番組実況チャットの融合において[7]、視聴者の反応の高さを風量で表現することによって番組の盛り上がり度を体感できる。

## 5 議論

試作・運用を通じて、送風ディスプレイをアンビエントディスプレイとして用いる際に配慮すべき点が幾つか明らかになった。

ノイズ 今回用いた直流ファンは静音タイプのものではあったが、それでも風切り音は発生した。更に、パルス幅変調で風量を調整すると電圧変動によるノイズが発生した。前者の風切り音は、オフィスのような空調や機器が稼働している環境ではそれほど気

<sup>3</sup> <http://www.2nn.jp/>

にならなかったが、後者のノイズは「ミーミー」という異音に近い音であった。

遅延 送風を開始してからユーザが風を知覚するまでには若干の時間を要する。停止状態から送風状態に達するまでの駆動時間、送風ディスプレイからユーザまでの距離を風が到達する時間、ユーザが風として認識する時間の合計は数百 ms 以上となる。別のディスプレイとの連携を図る際にはこの遅延時間を配慮して、情報やコンテンツの表示タイミングや表示継続時間を決定する必要がある。

ユーザの服装・髪型 風を感じるには、風による直接的な圧力だけでなく、体表温度の変化や、体毛/毛髪/着衣の揺れによる触覚などを通じて感じていると予想される。特に、ユーザの服装や髪型は風の知覚に大きく影響する。例えば、後方から首周辺に風を当てる場合、髪が首を覆い隠している状態では微風の知覚は難しくなった。

方向 予備実験では、頭部での風の知覚感度は正面～側面から受ける風の方が、背面から受ける風よりも高かった。これも風を直接受ける肌の面積や毛髪の揺れによるものと考えられる。胴部でも明確ではなかったが同様の傾向が見られた。

疲労感・煩わしさ 実装は夏場に行ったが、空調の効いた涼しい環境で強い風を受け続けると寒気や疲労感を感じた。また、あまりに頻繁な送風と停止の繰り返しは煩わしく感じられた。他のディスプレイとの連携の際には、内容の重要度や緊急度に応じて風量を調整したり、送風を行わないなどの、過度の送風を避ける工夫が必要であろう。

風向による指し示しは、ユーザの見えない範囲に表示されている情報や小さな文字サイズで表示されていて視認しにくい場合などに有用である。補助的な情報の表現は、実装で示した例以外にも、入力中の数値の大きさを風量で示すことによって入力ミスを防ぐなどの用途に有用である。

また、風に温度や匂いをのせて提示する拡張も考えられる。

## 6 関連研究

風によって力覚を提示する方法自体は新しいものではない。例えば、鈴木らは風圧による力覚提示方式に関して、風圧と力の関係や衝突感覚などの基礎的な知見を示している [4]。また、Wind-Surround System [3] はユーザの周りに配したファンで風を体感できるものである。しかし、従来の風の利用は人工現実感において力覚あるいは風を受ける感覚を再現することを目的としており、本稿で提案するよう

な風量や風向の提示によるアンビエントディスプレイとしての利用とは異なっている。

触覚で方向を提示するデバイスとしては塚田らの Active Belt [5] がある。装着型であるという違いはあるが、本稿で提案したような用途に使うことは可能である。

Mankoff らはアンビエントディスプレイの評価尺度を提案しているが [1]、単体で情報を提示するディスプレイのみを対象としている。本稿で提案するような複数のディスプレイの連携による協調型アンビエントシステムに関しては、評価尺度を拡張する必要があるだろう。

## 7 おわりに

風によって大きさと方向を表現する送風ディスプレイを試作した。予備実験では風向や風量を十分に識別できる可能性があることが分かった。また、他の周辺ディスプレイやコンテンツと連携する協調型アンビエントシステムを提案し、補助的なアンビエントディスプレイの有用性を示した。

今後、風の知覚特性に関する定量的な評価を行い、設置・運用に関する知見を得たい。また、アンビエントディスプレイの連携や体感できるコンテンツなどの応用を更に模索したい。

## 参考文献

- [1] J. Mankoff, A. K. Dey, G. Hsieh, J. Kientz, S. Lederer, and M. Ames. Heuristic evaluation of ambient displays. In *CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 169–176, 2003.
- [2] S. Nakamura, M. Minakuchi, and K. Tanaka. AmbientBrowser: Web Browser in Everyday Life. *Ambient Intelligence in Everyday Life, Lecture Notes in Computer Science*, 3864:157–177, 2006.
- [3] 小坂 崇之, 服部 進実. Wind-Surround System. インタラクシオン 2006 予稿 CD-ROM, 2006.
- [4] 鈴木 由里子, 小林 稔, 石橋 聡. 無拘束なインタフェースを目指した風圧による力覚提示方式. 情報処理学会論文誌, 43(12):3643–3652, 2002.
- [5] 塚田 浩二, 安村 通晃. Active Belt: 触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構. 情報処理学会論文誌, 44(11):2649–2658, 2003.
- [6] 美崎 薫. SmartWrite/SmartCalendar: 手軽に書けるメモとメモと写真を見続けるカレンダー環境の提案. 情報処理学会研究報告, 2005-HI-114:71–76, 2005.
- [7] 宮森 恒, 中村 聡史, 田中 克己. 番組実況チャットを利用したテレビ番組のメタデータ自動抽出方式. 情報処理学会論文誌 (トランザクション) データベース, 46(SIG18):59–71, 2005.
- [8] 渡邊 恵太, 安村 通晃. Memorium: 眺めるインタフェースの提案とその試作. WISS2002 予稿集, pp. 99–104, 2002.