

# AirSketcher: 風を使いやすくする手法の提案とその実装

AirSketcher: A proposal of direct air manipulation and its development

渡邊 恵太 松田 聖大 稲見 昌彦 五十嵐 健夫\*

**Summary.** 現代の空調システムには、温度設定が部屋単位であることや人間の室温の感じ方の差など課題がある。本研究では、その解決手法としてインタラクションの観点から使いやすい風をつくりだす AirSketcher を提案する。AirSketcher は直接的で多様な風を容易につくりだすことができる扇風機（送風）システムである。扇風機にインタラクティブ性を持たせ、ユーザが意図通り風を操作可能になることで、空調に対する不満を解決できるのではないかと考えた。本研究では風を制御するインタラクション手法として風を操るかのようなメタファで風を制御する AirWand、風を描くメタファを用いて風を制御する AirCanvas、風を受け入れるか否かをカードによって指示する AirFlag をの3つを考案し試作した。そして、それぞれの特徴をまとめ、利用シーンから手法について考察する。最後に、インタラクションデザインの観点から今日の空調の課題を踏まえて AirSketcher について議論する。

## 1 はじめに

レストランなどに行った時、空調の風によって席が寒くて困ったことはないだろうか。エアコンなどの空調は家庭をはじめ、オフィス、店舗そして公共機関に広く普及しているが、空調の強すぎ（効き過ぎ）や、弱すぎが問題になることがある。これはエアコン自体の性能だけでなく、人間の室温の感じ方に差があるためである。そのため、たとえば電車では弱冷房車を設置していることもある。また、家庭でエアコンの温度に関して4割の人がもめたことがあるという調査結果もある [3]。

エアコンは基本的に部屋単位で室温を制御するため、ユーザそれぞれの感じ方に応じた空調を実現できない。さらに部屋の構造によっては、空気が対流せずエアコンが示す温度と実際の室温が場所によって異なることもある。これも温度の感じ方が異なる原因になる。

このように、人間の室温の感じ方の差やエアコンの仕組みの関係上、空調システムには問題がある。今日私たちは、扇風機やサーキュレーターを利用し部屋の空気を循環させたり扇風機の風に当たるなど、エアコンと扇風機を併用することにより、この問題を解決することができる。扇風機はエアコンの登場以前から涼むための道具として利用されてきたが、今日では夏に限らず1年を通じて利用されるようになり、以前より積極的に使われるようになった [3]。すなわち、扇風機は「涼む」から風を「使う」ものへと変化しつつある。また、扇風機も多様化しており、

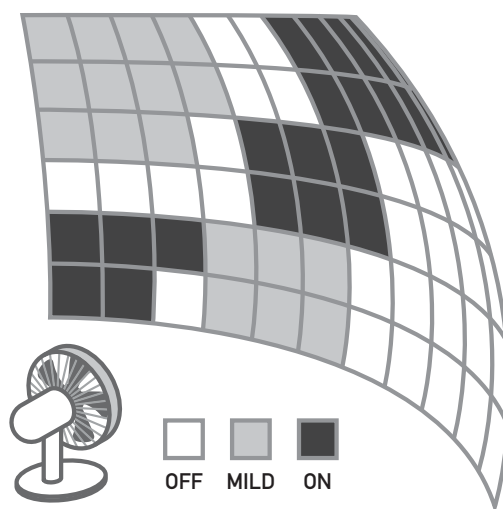


図 1. AirSketcher コンセプト：風と空間をマッピングし、生活状況に応じた送風制御を行う

ダイソン社は羽根のない Air Multiplier という扇風機 [2] や、バルミューダデザイン社は2重の羽根の構造によって、やわらかい風を送る GreenFan といった扇風機 [1] を発売し、扇風機も発展は続いている。

しかしながら、エアコンと併用利用していく「使う扇風機」としての発展はほとんど進んでいない。

我々は、エアコンでは室温の調整が部屋単位でできない以上、各々のユーザの体感や状況に応じて詳細に空調を制御するためには、送風による方法が優れていると考えた。そこで本研究では、「風を使う」という点で扇風機に着目し、風を使いやすくする手法を提案する。

Copyright is held by the author(s).

\* Keita Watanabe and Masahiko Inami and Taoko Igarashi, JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Shota Matsuda, Matsuda Design Laboratory

## 1.1 風の使い勝手

今日の扇風機には首振り機能があり、満遍なく風を送る機能は備わっているが、家の構造や生活の状況によっては風を当てたくない箇所が存在することもある。たとえば、書類や置いてある場所に風を送ってしまうと、書類が吹き飛ばされてしまう。さらに、花など植物がある場所には風を当てることは好ましくない。また、洗濯物を乾かすことにも使われており、よりの確に風を当てるという使い方も必要になってきている。

また、近年のエアコンはセンサによって人のいる場所や体温なども検知されるなどオートメーションの性能が向上している。しかし、実際に当てるべきか実際にユーザが当たりたいかは別の問題であり、必ずしもユーザの意図に沿うとは限らない。さらに、空調技術の研究分野においては、パーソナル空調システムの研究がされているが課題も多く [8]、また空調（送風や温度）という視点が強く、HCI 的な観点で研究される事例は少ない。これについては後の関連研究にて紹介する。

このように、空調に関して扇風機とエアコンが一般的ではあるが、風を使うという視点で設計されたものはほとんどない。

そこで、本研究では、扇風機に対してインタラクティブ性を持たせ、使いやすい風をつくりだす AirSketcher を提案する。AirSketcher は直接的で多様な風を容易につくりだすことができる扇風機（送風）システムである（図 1）。扇風機にインタラクティブ性を持たせることにより、風をユーザの意図通りに操作可能にすることで、空調に対する不満を解決できるのではないかと考えた。本論文では、3 つの風の制御手法を考案し、試作することを通じて、従来の首振り機能では実現できなかった送風について例証し、日常生活における新しい空調のあり方を議論する。

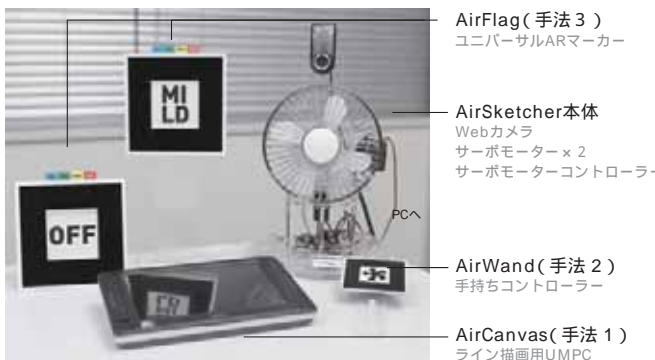


図 2. AirSketcher システム構成

## 2 AirSketcher

AirSketcher は、送風方向と空間を関連づけ、任意の場所に風を送風可能にするロボット型の扇風機である。そして、任意の場所に風を制御するインタラクション手法として次の 3 つの手法を試作した。

1. **AirWand:**  
風を送るパスを空中に描く手法
2. **AirCanvas:**  
風を送るパスをディスプレイ上に描く手法
3. **AirFlag:**  
場所にフラグを設置し風を制御する手法

### 2.1 システム構成

AirSketcher は、カメラを搭載した 2 軸の動きが可能なロボット型扇風機である（図 2）。プロトタイプ型の扇風機は経は 14cm、高さ 28cm、幅 20cm、奥行き 20cm である。扇風機羽根と保護フレームは GREEN HOUSE 社の USB 扇風機 GH-USB-FANW のスタンドを取り除いて利用した。カメラは Logicool 社製の Web カメラ Portable Webcam C905 を利用した。モーターは HI-TEC 社製サーボモーター HS-322HD を 2 つ利用した。モーターの制御は Phidgets 社のサーボモーターコントローラーを利用している。また、筐体下部には、スイッチとしてタッチセンサーを設置している。なお筐体はアクリルをレーザーカッターにて加工した。そして、手法 1 のために 7 インチのディスプレイを持つ UMPC<sup>1</sup> (Viliv X70) を用いた。さらに、手法 2 のために 5cm × 5cm の AR マーカー 2 枚を両面で貼り合わせたものと、手法 3 のために、16cm × 16cm の AR マーカーの中央の矩形を切りぬき任意のマーカーパターンに切り替え可能な、ユニバーサル AR マーカー作成した。AR マーカーの認識には ARToolkit を位置計測用に特化し手軽に利用可能にする QPToolkit を利用した<sup>2</sup>。AR マーカーの認識の利用したカメラの入力解像度は 800px × 600px とした。

### 2.2 手法 1: AirWand

AirWand は、風を操るかのようなメタファを用いた制御手法である（図 3）。AirWand は実空間に対して風を当てるべき場所に、直接風の当たる場所を指示する制御手法である。AirWand は、扇風機に搭載したカメラによって AR マーカーを認識し、その位置をリアルタイムに捕捉する。

AirWand はユーザが風を部屋の送りたい場所に AR マーカーコントローラーを指示して「ここに風を送る」というように制御する。AirSketcher 本体

<sup>1</sup> Ultra-Mobile PC

<sup>2</sup> QuickPositionToolKit

<http://kougaku-navi.net/QPToolkit/>

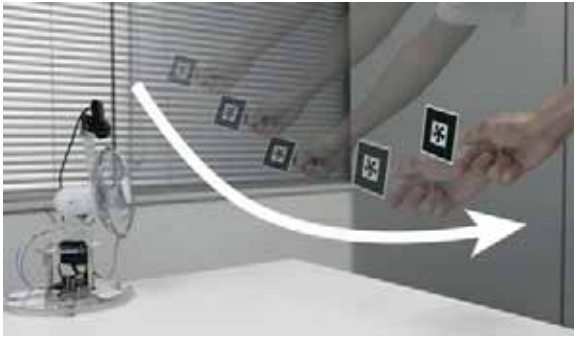


図 3. AirWand: 風を操るように，空間中で送風のパスと ON/OFF を制御する．リモコンの表裏で ON/OFF ．

は，常にマーカーを追従し風を送り，ユーザは常に風の状態を確かめながら風を制御できる．そして，風を OFF にするには，マーカーコントローラーの裏面を扇風機に搭載したカメラに向けることで送風を OFF にできる．したがって，風を当てたくない場所は，OFF マーカーをカメラに提示しながら，移動することで，その場所に風を当てることなく他の場所へ扇風機の向きを移動できる．位置を指示後，扇風機の Play ボタンをタッチすると，マーカーコントローラーを動かした通りに送風が行われる．パスの終点に達すると，そのパスを逆順に辿り送風行い，始点にいくとまた順方向に送風再生される．

### 2.3 手法 2: AirCanvas

AirCanvas は，風を描くメタファを用いた風の制御手法である（図 4）．AirCanvas はタブレット型 PC を用いて，扇風機に搭載されたカメラで撮影された写真画像上に，スタイラスで線を描画し，その線の場所に送風を行う．これにより，送風機の視点で「どこに風を送るか」を容易に設定することができる．そして，描画した順番に風が送られるため，送風の流れ（順番）も設定できる．

また，線は複数描いた場合は，描かれた場所が送風 ON になり，線の末尾にくると，送風が OFF になり次の線の始点まで扇風機の向きを変えて送風を開始する．したがって，送風したくない場所は線を描かないことで OFF にできるため，送風の ON/OFF も容易に制御できる．描画を終了し，再生ボタンをタッチすると，描画された線通りに送風が行われる．すべての線を描画が終わると，線の描画した逆順で送風が続き，また始点に戻ると描画された順に送風が行われるループ描画（送風）になる．

さらに応用として，線をドットで描くことにより，そよ風も実現する（図 5）．少だけ風を当てたいような場合は，ドットで線を描くことで，弱い風を送ることができる．またさらに，スパイラル状の線を描くことにより，軸のぶれた風を送ることができる．

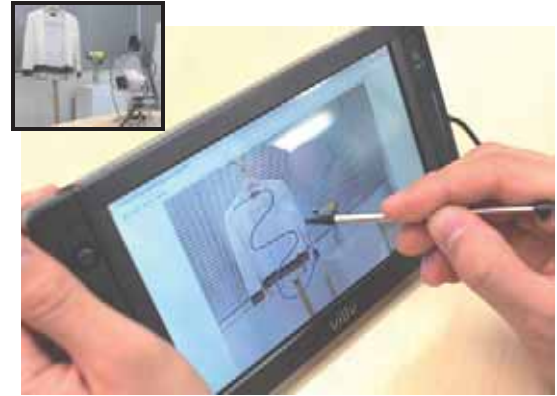


図 4. AirCanvas: ペンで風のパスを描画して扇風機を制御する．

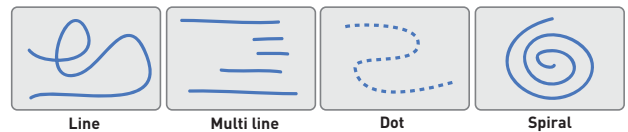


図 5. AirCanvas による風の描画の 4 つの工夫例．描画（ラインの部分）のみファンが ON になる．したがって Dot は ON/OFF を繰り返す．

軸がぶれるため，たとえば顔を扇風機の前にしても，風が中心がずれるため苦しくないようなやわらかい風が期待できる．この方法は他にも，面状に風を当てたいような場面においても利用できるだろう．

### 2.4 手法 3: AirFlag

AirFlag は，フラグ指示型の風制御手法である（図 6）．AirFlag は，風を当てるべき場所や当てるべきでない場所に，AR マーカーによるフラグを立てておくことで，扇風機本体に取り付けられたカメラによって空間をスキャンし，その位置を特定し記録する．これにより，AirSketcher はその場所に対して指示された通りの送風をする．AirFlag は，周辺を水平方向に 1 度ずつ動きながら送風およびマーカーをスキャンする．可動範囲は 160 度で，160 度に達すると逆方向に動く．カメラから入力された画像の両端 200px の領域でマーカーが認識されると，マーカーがカメラの中央（400px）に達したときにそのマーカーの指示内容の送風設定が実行される．（図 7）．なお，OFF の指示時は残風が指定箇所が届いてしまうことを配慮し，指定箇所 8 度手前で送風を OFF にし 2 秒停止している．ただし次の送風場所への移動に遅延が発生するため，モーターの移動量を 2 度に変更している．すなわち，OFF を指示すると，その箇所をキャンセルするように，素早く扇風機の角度が変更される．

フラグを使う AR マーカーは，中央の部分は穴が空いており，そこに指示カードを入れ替えることで，





図 6. AirFlag: フラグを設置するとその場所にそのフラグに応じた送風や OFF の制御を行う

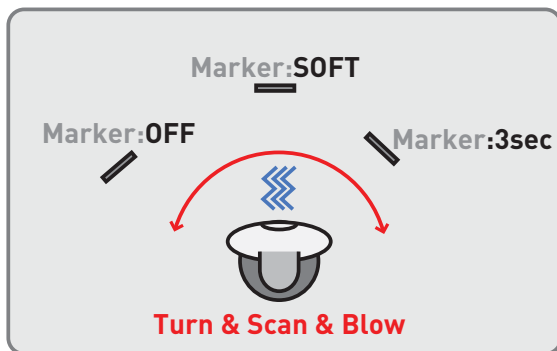


図 7. AirFlag の動作図

風の強さ弱, 6 秒間送風, 3 秒間送風, OFF の種類の風を選べる(図 8)。これをユニバーサル AR マーカーと呼ぶ。なお, 指示のない場所では通常の強さの送風が行われる。OFF フラグの提示時は, スキャンする動きの中で OFF にしても残風が届いてしまうため, フラグ提示位置の 9 度前から送風を OFF に, かつ 2 秒停止した後, 通常の 2 倍の速度で方向を移動する。

### 3 議論

#### 3.1 手法別の特徴と利用シーン

手法1: **AirWand:** AirWand は, 実際の空間に指示をするため, 風と場所との対応関係が実際に一致する。パスの記録時も送風は行われるので, 風を感じながら制御することができ, 「この場所でこの風の強さ」という対応関係が直接的でわかりやすい。AR マーカーコントローラーを動かすと風は追従するため, まるで風を操るかのような操作感となる。

また AR マーカーにより, 3 次元位置計測が可能であるため, オプションとして距離に応じた風量の調整も可能であり, たとえば, 扇風機に近いときは弱い風を送り, 遠ざけると強くするというような対応付けが可能である。

AirWand は, たとえば就寝時のような直接体に



図 8. ユニバーサル AR マーカー: AR マーカーの内部領域を入れ替えることによってフラグの意味を変更する。

風が当たるべきでない状況で, 部屋の構造などから意図した風を送りたいようなときにも, 手軽に利用できるだろう。また急ぎよ来賓があったとき, 窓からの風が変化したときや, 部屋に一時的ににおいこもった際の換気など, 臨機応変な対処が必要な際に手軽に利用できるだろう。AirFlag は, マーカーが環境に配置されるため, 目につきやすい問題があるが, AirWand では環境側に何も設置する必要がないため, 美観などが重視される環境や, マーカーの物理的な設置が難しい場面で有効である。

手法2: **AirCanvas:** AirCanvas は, ディスプレイを利用し写真に線を書き込むために, 送風するパスを詳細に指示しやすいことや, 点線やスパイラルといった風の種類の工夫も可能な点が特徴である。また, 線が描画されるため, どこに風を送るのかの全体像が把握でき, どのように送風するかプランが立てやすい。今回は実装していないが, 線を修正するというのも可能だろう。

すなわち, AirCanvas は的確で計画的な送風に向いている。したがって, 部屋の構造が入り組んでいたり, 風を当ててはいけないようなものがたくさん置いてある場合などの環境が複雑な場合に向いていると考えられる。AirCanvas は写真を撮影し, 端末によって扇風機を制御する。そのため, ユーザがその場にいないとも, 遠隔での制御も可能である。したがって, 遠隔地から一括管理して風のパスを制御するような際には, 向いているだろう。

また, 今回の実装は扇風機であるが, エアコンのように温度の調整が可能である場合, ペンの種類(たとえば色を変える)に応じてこのあたりを冷やす・温めるなど, 視覚的にわかりやすい設定も実現できるだろう。

手法3: **AirFlag:** AirFlag はフラグによる指示のため, 複数人が, 特定の場所で作業しているような状況に適している。たとえば, オフィスなどで自席が決まっているような際に, ある人は送風を拒否した

り、ある人はより長い時間送風を望んだりするような、人に応じた送風を実現できる。同様に、レストランでも席に AirFlag があることで、その席の送風を ON にしたり OFF にしたりが客自身の手によって気軽に変更できるだろう。また、人以外にも、花瓶に OFF のフラグを提示しておくことで、そこに風を当てないことや、部屋で洗濯物を干すような際に洗濯ハンガーに同時に Flag もぶら下げ、より長く風を当てるような工夫などもできるだろう。今回の実装では AR マーカーを利用しているため、印刷すれば簡単にあらゆるものに貼り付けることもでき、一時的に当てない/当てたくない場所がある際にも、応急で対応できるだろう。

### 3.2 空調とインタラクティブデザイン

本研究では、扇風機をロボット化し、ユーザインタフェースを工夫することにより、風を直接的で簡単にコントロールする手法を考案し例示した。空調システムは、ほとんどの場合インタラクションの視点から設計されることがなく、たとえばエアコンは省エネやファジー制御による室温制御パターンなどがほとんどだった。そして今日の人々の空調に対する満足度は高いとは言えず、クーラーで寒い場合には夏でも長袖を羽織るといったこともしばしばみられる。実際に我々のオフィスにおいても、度々エアコンの温度設定を調整している姿も見られる。長袖を羽織ったり、度々温度設定を変える行為が発生する原因は、空調システムの振る舞いがユーザの意図を反映していないためである。

#### 3.2.1 意図の伝達

多くのエアコンはセンサを使った自動判断による空調制御が普及しているが、一方で人々の意図を反映可能なマニュアル操作はほとんどできていない。マニュアル操作があるとしても、それは空調のパラメータを任意の値に固定するという程度のもので、必ずしも意図をくみ取るような仕組みにまで発展していない。

扇風機においても首振り機能をはじめ、風の強さ、1/f ゆらぎなどの工夫がみられるが、いずれも気流制御的な発想が強く、ユーザが風を日常的にどう使っているかという視点で考えられているものがほとんどない。また扇風機にリモコンが付属することも多くなってきたが、これは単純に遠くからでも制御できるという点であって、リモコンとはいえ操作感が変化したり、意図をくみ取りやすくするものではない。

ただし近年の扇風機では、タイマー機能が充実しおやすみモードといった、ユーザの扇風機の使い方を意識したようなものが登場したり、室温と湿度に基づき送風の ON・OFF を行うものなど高機能化も進んでいる。そのため、導入で述べたように、社会

的なニーズとしては風を使うという発想での進展が垣間見えており、将来的には AirSketcher のように風をより直感的に操るような手法が望まれるものと考えられる。

また、AirSketcher の 3 つの制御手法は、ユーザが「風」だけに意識を集中できるため、従来のように扇風機を制御するという感覚から風を直接操る感覚が得られるため、扇風機の道具としての透明性も期待できる。この点において、機器への意図伝達の向上は、ユビキタス社会における機器との対話のあり方としても重要な発想である。

#### 3.2.2 応用

今回はロボット型の扇風機を提案したが、家庭用エアコンの風向制御にも応用可能である。(たとえば、AirFlag を利用することでエアコンの風を拒否する) また、扇風機も天井に取り付けることで(電車の中のような)、オフィスや飲食店、公共施設などでも幅広く利用できるだろう。今回の実装では画像処理が基本であるため送風機側にはカメラだけを加えればよい。したがって距離があっても制御可能であり、天井などへの実装も現実的だと考えている。AR マーカーに関しては、カメラの位置から遮蔽されてしまうと認識ができない。そのため、AirFlag 方式は状況によっては使い方が限られてくるかもしれない。しかし前述の通り、扇風機とカメラ(あるいはカメラだけ)を天井に取り付けることで状況を改善することが可能である。

## 4 関連研究

空調技術の研究分野においては、オフィスにおけるパーソナル空調システムの試みがある。個人のデスクに小型のエアコンを導入する仕組みだが、導入にあたり建物全体をそのために改造しなければならないことや、導入した後も、風のコントロールが難しかったり、作業上風が邪魔になるなどの問題が報告されている [8]。扇風機においては 1/f ゆらぎを拡張し心拍数と連動した扇風機 [9] がある。これも扇風機の気流にフォーカスした研究である。また、温度センサーや扇風機の配置に依存しない室温制御をする空調を、遺伝的アルゴリズムを導入することで実現する取り組みもある [7]。エアコンの室温設定手法として、温度設定の投票によって民主的に室温を決定するデモコンがある [6]。

ディスプレイに線やジェスチャを描画することで、ロボットを制御する手法 Sketch and Run [4] がある。本研究では、スケッチはディスプレイ描画だけではなく、AirWand では実際に空間を指示し、かつ風を感じながら制御できる点で Sketch and Run を実空間上で実行するものも実現している。また、カードを部屋に配置しておくことで、そのカードに記載されたコマンドに従って、ロボットが活動する

Magic Cards があり, AirFlag の使い方と近い [5].

## 5 おわりに

本研究では, 今日の空調における問題を提起し, エアコンと併用利用する「風を使う」発想の下で, 扇風機にインタラクティブ性を持たせた AirSketcher の提案を行った. そして, 風を制御する 3 つ手法, AirWand, AirCanvas, AirFlag の試作を行い, それぞれの手法の特徴について考察し利用シーンについて述べた. そして, 本研究の試作に基づきインタラクティブデザインの観点から空調について議論した.

## 参考文献

- [1] BALMUDA design GreenFan. <http://www.balmuda.com/jp/greenfan/>.
- [2] Dyson air multiplier. <http://www.dyson.co.jp/fans/>.
- [3] エアコン:アンケート 東京電力 TEPORE (テポレ). <http://www.tepore.com/research/co/060803/index.htm>.
- [4] D. Sakamoto, K. Honda, M. Inami, and T. Igarashi. Sketch and run: a stroke-based interface for home robots. In *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 197–200, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [5] S. Zhao, K. Nakamura, K. Ishii, and T. Igarashi. Magic cards: a paper tag interface for implicit robot control. In *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 173–182, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [6] 福井 進吾, 高石 悦史, 安村 通晃, 松本 貴之, 渡邊 恵太, 後藤 孝行, 児玉 哲彦. 電車展 (1) 概要と設計: 電車における乗客のための情報デザインの研究. ヒューマンインタフェースシンポジウム HIS2006 論文集, 31:7–12, 2006.
- [7] 三好 晴樹, 佐藤 喬, 多田 好克. 6T-3 センサと扇風機群の配置に依存しない家庭向け室温制御システム (GA・エージェントモデル, 学生セッション, 人工知能と認知科学). 全国大会講演論文集, 70(2):2–91–2–92, 2008-03-13.
- [8] 須藤 美音. パーソナル空調システムの問題と課題. 総合設備コンサルタント 技術年報, 31:7–12, 2008.
- [9] 甲田 壽男, 永田 可彦, 小木曾 久人, 中野 禅, 山中 一司. 心拍リズムで駆動する扇風機の特徴. 日本音響学会誌, 50(10):836–841, 1994-10-01.

## 未来ビジョン

オートメーション V.S 使いやすいマニュアル  
家電は一度マニュアル操作前提で設計すべき

我々は, 簡易で直感的なマニュアルインタフェースはオートメーションに勝ると考える. そして, 徹底的にマニュアルインタフェースの設計を試行した後で, オートメーション化を試みるべきであると考えている. 近い議論に Shneiderman, B. と Maes らのダイレクトマニピュレーションとエージェントとの対比の議論があるが, 利用可能な技術が変わりつつある今, また議論すべき議題である.

今日, 自動化の進んだシステム: エアコン, 電子レンジ, 洗濯機などは, 「設定パネル」があるが, 設定とシステムの動作の関連性は間接的である. すなわち「設定は」手動で変えられるが, それは基本的に自動システムの一部のパラメータ変更であり, また操作手法がマニュアルとして利用しやすいわけではない.

オートメーションは多くの場合うまくいくとしても, それしかできないことはそのプロダクトのポテンシャルを限定する. そしていざ手動で行おうとすると, 何がどう動作するのかの対応関係はユーザにはわからないことが多い. すなわち, オートメーションは機器をパラメータというレベルで自動設定してしまうため, ブラックボックスになってしまう.

我々は, 家電機器は使いやすいマニュアルインタフェースを搭載して, それを自動実行 (再現) できる

ようにすべきだと考える. 言い換えれば, タスクの自動処理ではなく, 操作の自動処理を目指すべきだと考える. したがって, 処理の手順はユーザがやろうと自動であろうと変わらない. こうすることで, ユーザは機器がどのように振る舞うのかもわかり, また途中でユーザが処理に介入し修正を施すことができる. 今回の AirSketcher の試作では, スケッチという直感的なマニュアルインタフェースを用意し, その操作プロセスを記録し再生することで「操作の自動処理」を実現している.

## 操作の自動処理がもたらす身体と機器の融合

操作の自動処理の時代の家電は, 操作ではなくどちらかと言えば, 指示である. マニュアル操作がわかりやすいシステムは, ユーザはこうして欲しいという感覚を機器にも伝えやすく, 家電はその指示通りに自動的に動作する. 指示といっても単なる操作ステップではなく, ユーザの意図をどれだけ汲み取れるかが重要であり, それがユーザインタフェースの力量である. そしてそのユーザインタフェースが巧みであるほど, その機器は賢く振る舞うように見えてくる.

機器が人の意図を巧みにくみ取り, 意図が反映され, かつその通り自動に動く機器. 身体の一部か, 身体がコピーされたかのように機器が動作する世界. これがオートメーションとマニュアルが融合されゆく, 未来のインタラクティブシステムのあり方である.