

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：56203

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19988

研究課題名（和文）風を活用したインタラクションシステムの開発

研究課題名（英文）Development of an interaction system based on measurement of wind pressure

研究代表者

金澤 啓三（KANAZAWA, KEIZO）

香川高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号：40311097

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、あまりデジタル活用されていない「風」を情報源とするインターフェースの開発を行った。このインターフェースは、風の強弱を2次元的に取得するエリアセンサ及びインタラクティブな投影システムからなる。風の検出機構には、風を受けるフィルムに取り付けた磁石の動きを磁気センサを用いて計測し風量に換算する。この検出機構を縦24列×横32列の計768個用いたセンサシステムを作成し、風の動きを2次元分布としてリアルタイムに取得できた。このセンサを用いた投影システムは、センシングエリアに重ねるように風の通過するスクリーンを設置し、風の入力に応じて映像が変化するインタラクションシステムとなっている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

息に代表されるように風は意図的に起こすことができる。しかし風のデジタルな活用例は極めて少ない。「どの位置に」「どんな強さで」風が送られるのかがわかれば、情報を運ぶ媒体として十分に有用であると考えられ、例えば、手が使えない場合や障害者のための入力の補助システムや、街頭でのサイネージ、メディアアートへの活用など新しいヒューマンインターフェースとして活用範囲が広がる。今後、このセンサと対となる風圧を発生させるような出力装置を開発されれば、遠く離れた場所に風を伝達することができる。こうした試みにより、遠隔者とのコミュニケーションを促進するようなシステムとなると考えている。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed an interface that uses “wind” as a digital information source. Our interface consists of an area sensor that measured the two-dimensional wind pressure and an interactive projection system. A magnetic sensor is used for the wind detection mechanism to measure the amount of movement of a magnet attached to the film fluttering in the wind. We developed a sensor system using a total of 768 detection units in 24 rows x 32 rows, and were able to acquire wind pressure as a two-dimensional distribution in real time. A projection system using this sensor is an interaction system in which a screen through which wind passes is installed so as to overlap the sensing area, and the image changes according to wind input. The projection system that uses this sensor is an interaction system that installs a screen through which the wind passes over the sensing area, and can interfere with the virtual space inside the screen according to the wind input.

研究分野：情報工学，画像処理

キーワード：風の計測 磁気センサ コンピュータインタラクション 投影システム

## 1. 研究開始当初の背景

Sutherland の「Sketchpad」に始まるマンマシンインターフェイス分野の研究においては、バーチャル環境とのインタラクションの手段として手指を利用したものが主であった。近年では、手指を利用するだけでなく、ジェスチャや音声認識、アイトラッキングといった人間の様々な動作を検出するシステムやインターフェイスに関しても多く提案されている。

一方、人間は、息を吐く、息を吸うという動作によって、簡単に風を発生させる。また、団扇やエアスプレーなどによっても風を発生させ、物体を動かすことができる。つまり、風は人間が簡単に生み出すことができ、物理的世界とのインタラクション手段であると捉えることができる。しかしながら、「風」を情報源としてデジタル利用した実用例は極めて少ない。

息などの風を利用するシステムやインターフェイスの試みは、これまでにいくつか提案されている。伊賀らによる「Kirifuki」では、非接触型のマイクロフォンを用いて、呼気と吸気の入力を音響信号解析によって識別し、GUI 操作を行うシステムを提案している。また、重野らによる「Friend Park」は風によって回転する偏光板にレーザ光を照射し、角度によって変化するレーザ光の透過光の強さを光センサによって計測し、その光の強さを風力として入力するインターフェイスを提案している。しかし、これらのインターフェイスは入力検出箇所が一箇所に限られている。澤田らによる「BYU-BYU-View」では、再帰性反射材を張った板の風による傾きをフォトリフレクタによって計測し、それらをアレイ状に配置することで、平面での風の強さの検出を行っている。しかしながら、その分解能は低い。

## 2. 研究の目的

息や団扇、スプレーなどで簡単に起こせる風を、コンピュータに情報として入力するインターフェイスの実現によって、風が情報を運ぶ媒体として充分に有用であることを明らかにする。本研究では、風の強弱を複数のセンサを用いて2次元的にセンシングし、風圧分布としてリアルタイムに計測するエリアセンサを開発する。また、そのセンサからの入力結果を用いて表示された映像に干渉できるインタラクションを行う投影システムを構築する。

提案システムでは、風の検出機構として磁気センサ(ホール素子)と磁石を用いる。フィルムの先端に磁石を取り付け、風を受けて変動するフィルムの動きを磁石の動きによって変化する磁界強度の変化として磁気センサを使って計測する。この検出機構をアレイ状に配置し、2次元風圧分布としてリアルタイムに計測することによって、「どの位置に」「どんな強さで」風が送られるのかを取得し、マウスやタッチ操作に代わる入力方法とする。

これまでに風を活用した試作システムを開発し、風を入力情報としてコンピュータに取り込み活用することは実現可能となった。しかしながら、風の検出性能については評価ができていない。そこで、本研究では、風の検出性能や投影システムとして評価し、ソフトウェアの充実など活用の拡大に向けての取り組みを行う。

## 3. 研究の方法

本提案するインターフェイスは「風を通過し投影面となるメッシュ状のスクリーン」「風の強弱を検出する風圧エリアセンサ」「コンテンツを投影するプロジェクター」及び「センサ値を取得しコンテンツ映像を作り出すコンピュータ」で構成する。風圧エリアセンサの前面にメッシュスクリーンを配置し、メッシュスクリーンを通過してエリアセンサにより計測された風の強弱は2次元の風圧マップとして、アプリケーションに渡されて入力として活用し、その結果を映像化して、センサ範囲に一致するように投影される。風の入力と映像がずれるとインタラクションに違和感が生じるため、ソフトウェア側でキャリブレーション機能を持たせる。

スクリーンは、風の通過を妨げずかつ投影面として映像をよく映すという相反する要求がある。素材の選定に当たり、スクリーンの開口度と通過する風速の関係や反射輝度を調査する。また、プロジェクションの光源位置によっても見えやすさが変化すると考えられこれらについても調査する。エリアセンサでは、どの程度の風速の風を計測できるのか、風速計を用いて定量的に計測するとともに、風速と出力値の関係を明らかにしモデル化することによって風速に比例した出力値が得られるように補正を行う。また、アプリケーション側では、風圧センサを通過した風を基に、3次元空間での気流のシミュレーションを行い、仮想空間に配置されているオブジェクトの動きを物理シミュレーションさせて映像化することであたかも入力した風に応じて物体が変化するように体感させる。

#### 4. 研究成果

本研究では、図1に示すように磁気センサ(ホール素子)を用いた風の検出機構を縦24行×横32列の合計768個を格子状に並べた風圧エリアセンサを開発した。各磁気センサの出力はA/Dコンバータにより12ビットのデジタルデータに変換され、シリアル通信によって61cm×82cmの領域の平面で受けた風の位置と強さを毎秒30回の2次元分布で取得できる。このセンサを、風を通過させるメッシュ状のスクリーンの裏側に設置してスクリーンに入力される風に対応する投影型のインタラクションシステムとなっている。ソフトウェア側では、入力された風圧分布からスクリーンを通過した後の風の振舞いを、格子法を用いたコンピュータシミュレーションによって求め、スクリーンの中の仮想空間の任意の位置の風速を取り出せるようにして各アプリケーション(コンテンツ)において活用している。

スクリーンには繊維径0.4mm、横方向の繊維数7.2本/cm、縦方向の繊維数5.7本/cmの市販の網戸素材を使用している。スクリーンを通過する風の減衰はほぼ考慮しなくてもよい。スクリーンの輝度や解像力は一般的なスクリーンに比較して数分の1に低下するが、高輝度なプロジェクターを使用すれば十分に映像を視認できる輝度が得られる。また、図2に示すようにプロジェクターは投影する映像がユーザで遮られないように、ミラー反射型の超短焦点のプロジェクターを用いてユーザとスクリーンの間に設置した。スクリーンに対してかなりの角度から投影されることになるが、正面からの投影に比較して背面に映像が抜ける割合が少なく映像が見やすくなる効果も得られる。

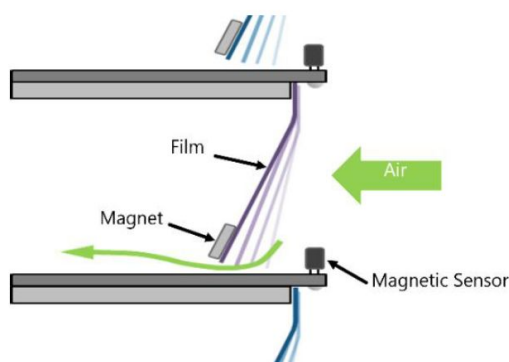


図1 風の検出機構

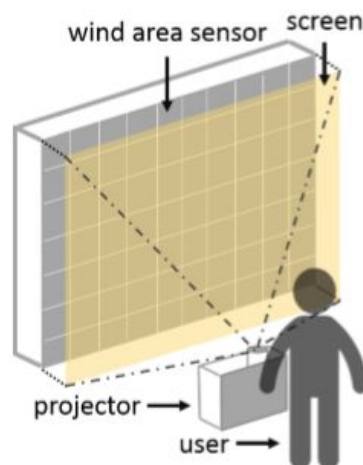


図2 投影システム外観

ソフトウェア側では、各センサから得られたデジタルデータを取得できるライブラリを作成し、他のアプリケーションからでも利用可能となっている。また、本インターフェイスから出力される2次元分布を利用して、入力された風がその後、3次元空間でどう流れるかを気のシミュレーションによって算出している。これらもアプリケーションから利用できる。

本インターフェイスを、知育やアート、ゲームなどの様々なコンテンツに応用し、実際に地域イベントなどで使用してきた。利用者からは、入力に特別な装置を用いることなく風をスクリーンに入力するという簡単な操作で映像に反映されるというインタラクションに驚きを感じる声が多く、風が情報を運ぶ媒体として十分に有用であることを示している。これまでにないインターフェイスは人目を惹くようなサイネージや広告手段としての利用や、メディア・アートへの活用など一時的には目新しいインタラクションの手段としての活用も考えられる。しかし、冒頭でも述べたように、これまでマンマシンインターフェイス分野では手指を使ったインタラクションの手段が主流であった。本研究は、近年注目を浴びたジェスチャや音声認識、アイトラッキングに加えて、風 息が入力手段の一つとして十分に実用可能であることを示している。息であれば、位置を操作することや強弱も入力可能なことを考慮すると、両手が使えなかったり、声を出せなかったりする特定の状況下での入力手段としての選択肢を広げることができる。更に、センサに入力されたと同じように風を制御して出力できる風圧ディスプレイの開発により、遠隔者とのコミュニケーションのあり方にも一石を投じる試みとなると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山崎 佑馬, 金澤 啓三, 徳永 修一
2. 発表標題 風圧検出デバイスの開発と定量的評価
3. 学会等名 令和元年度電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎啓太, 鈴木浩司, 金澤啓三, 徳永修一
2. 発表標題 磁気センサを用いた風の検出デバイスの開発
3. 学会等名 平成29年度電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小野 安季良  (ONO AKIRA)  (40290811)	香川高等専門学校・通信ネットワーク工学科・准教授    (56203)	