

風を可視化するフィジカルコンピューティング作品（風色計）の開発

Development of physical computing artwork (Wind Color Meter) to visualize wind conditions

森崎 巧一¹, 大海 悠太², 豊崎 寛樹³, 林原 泰子⁴, 山本 正記⁴, 川口 卓真²

¹森画廊, ²東京工芸大学, ³株式会社佑合建築事務所, ⁴大妻女子大学

Norikazu Morisaki¹, Yuta Ogai², Hiroki Toyosaki³, Yasuko Hayashibara⁴, Masaki Yamamoto⁴, and Takuma Kawaguchi²

¹Mori Gallery

96 Shirogane-machi, Himeji-shi, Hyogo, Japan 670-0902

²Tokyo Polytechnic University

1583 Iiyama, Atsugi-shi, Kanagawa, Japan 243-0297

³YUGO Architecture Design Office Co. Ltd.

502-501 Nakano-cho, Kamikyou-ku, Kyoto-shi, Kyoto, Japan 602-0864

⁴Otsu Women's University

12 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan 102-8357

キーワード：フィジカルコンピューティング，風，可視化，センサー，LED照明

Key words : Physical computing, Wind, Visualization, Sensors, LED lights

抄録

気象情報をはじめとする環境情報は、我々の生活や文化に欠かせないものである。そこで本研究は、我々に身近な風の計測を行い、風速センサーを用いてLED照明の色を変化させ、風を可視化するフィジカルコンピューティング作品「風色計」の開発を試みた。

1. はじめに

我々の生活や文化に役立つ情報を伝える技術は、情報通信サービスの普及とともに日々進歩している。例えば、PCや携帯端末で、気象情報や防災情報などを容易に知ることができるようになった^{[1][2][3][4]}。我々が日常的に知ることができこれらの環境情報は、観測地点に設置された観測機器や人工衛星により観測されたものであり、大変有益なものである。しかしながら、我々の身近な地域や生活に密着した環境情報もまた重要なものであり、デザイン的なアプローチを含めた種々の情報伝達方法について検討されることが望ましいと考える。

そこで本研究は、フィジカルコンピューティング (Physical Computing) によって、我々の身近にある環境情報を可視化する作品の実現を目的とする。フィジカルコンピューティングとは、「コンピュータ (PC など) を外部の世界に繋ぎ、コンピュータと人とのインタラクションのあり方を研究するものであり、新しい形式のインタフェースを作

る取り組み」である^[5]。

本研究では、環境情報の中でも風に注目した。風は「日本民族の文化を形成する重要な因子」^[6]であり、「台風」「竜巻」といった気象現象や「春一番」「木枯らし」といった季節の風、「六甲おろし」「筑波おろし」などの名称で呼ばれる地域に吹く地域固有の風 (局地風)^[7]のように、我々の生活や文化の中に取り込まれている。また、気象関係だけではなく、新宮晋氏のパブリックアート「風の音符」^[8]のように、風の表情の変化を伝える作品が存在し、芸術を通して風と人とを結びつける試みが既に行われている^[9]。さらに、David Bowen氏の「tele-present wind」^[10]、Fernanda Viégas氏とMartin Wattenberg氏の「wind map」^[11]のように、デジタルメディアを活用して風の状態や変化をリアルに伝える試みも行われている。

本研究では、風と人とを結びつける試みを、情報とデザインの観点から検討し、風を可視化するフィジカルコンピューティング作品の開発を試みる。具体的には、風の状態を光の色変化により表

現する「風色計」^[12]を制作する。

本論文の構成として、第2章から第4章にかけ、風色計の開発内容について述べる。そして、第5章では風色計の実験結果について述べ、第6章では風色計の今後の展開や応用的な視点について述べる。

2. 風を可視化する作品「風色計」

風色計は、風速センサーとLED照明を組み合わせ、風車の回転によって得られる電圧をLED照明に利用し、その電圧の変化、風速の変化をLED照明の色の変化として表すものである。この装置により、様々な風の状態が可視化でき、風の実測のみならず、一般の人々にも直感的な環境把握が可能になる。

複数の風色計を異なるポイントに設置すれば、風の状態を空間的に知ることができ、風景として美しい空間演出ができる。例えば、山谷の地形に沿って配置すれば、刻々と風が変化していく様子を光り方で表すことができ、美しい風の景色をつくり出すことも可能である。

本研究の風色計は、表現の側面だけでなく、風のデータの記録や管理が行えるように情報通信機器としての側面を強化する。コンピュータと連携し、時系列変化する風の情報を正確に記録し、風の状態をPC上で確認できるようにする。また、風色計に無線機能を組み込んでネットワーク化をはかることで、PCと離れた場所に設置していても風の情報を正確に受信できるようにする。

3. 風色計のデザイン

著者の一人である豊崎が当初考案していた風色計は、風車を上部に設置し、長い円筒形の本体で、内部にLED照明を設置したデザインであった^[12]。それをベースに、本研究での風色計は、以下のようにリデザインした(図1,2)。実際には作成する際に作りやすくするため図1・2から一部変更しており、このことについては4章で述べる。

(1) 本体のデザイン

本体は、細長い円筒形ですっきり見せる外観にするが、安定性や移動のしやすさを考慮して、本体は数本の細い金属の柱で支えるデザインにする。上部に風速センサー、下部にLED照明を制御するボックスを設置する。

(2) LED照明

本体中央に紐状のLED照明を設置する。LED照明はアクリルパイプで覆って保護する。そして、アクリルパイプには半透明の紙を入れ、LED照明の色合いを柔らかくする。

(3) 収納ボックス

本体下部にセンサーやLEDを制御するフィジカルコンピューティング用のI/Oモジュール(InputとOutputの機能を持つ部品)やワイヤレスモジュール(無線機能を搭載させるための部品)、電池などを収納する円筒形のボックスを設置する。

(4) 風色計の色

風色計の色は金属素材を生かし、大部分を銀色に統一する。

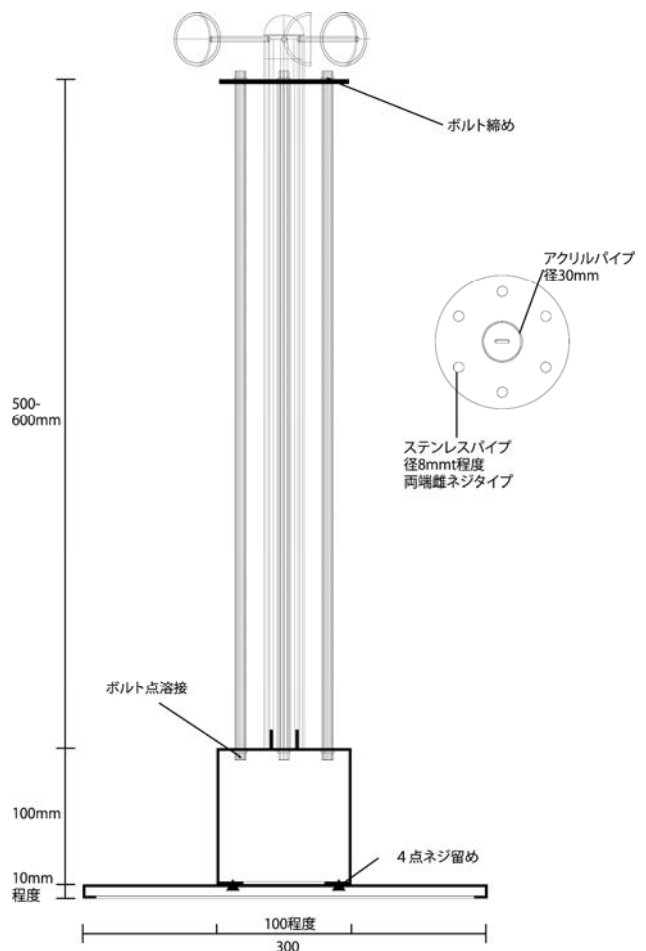


図1. 風色計のデザイン

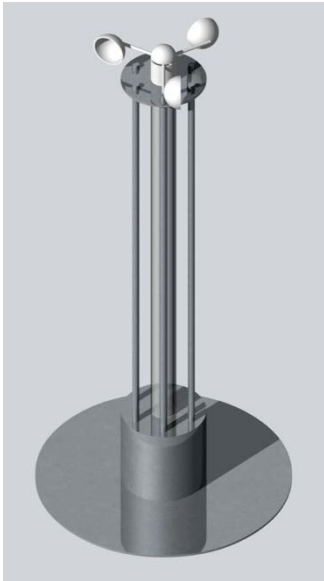


図2. 風色計のCGイメージ

4. 風色計の実現

風色計を実現するために、まず、風速センサーの選択を行い、次にLED照明や風速センサーを制御するフィジカルコンピューティング用I/Oモジュールとワイヤレスモジュールを利用して風色計制御部を作成した。さらに、風速の変動を風速センサーの電圧の強弱として受けて数値に変換するプログラム、その風速の数値に対応してLED照明の光り方を変化させるプログラム、無線で風の情報を送信するプログラムの作成を行った。最後に、風色計本体の部品加工及び組立を行った。これらの詳細な手順については、以下に述べる。

(1) 風速センサー

風速とは、風の移動速度のことであり、メートル毎秒(記号:m/s)で表記する。代表的な風速センサーは「風杯型」と呼ばれるもので、風杯と呼ばれる半球殻(または円錐殻)を3ないし4つ有している。風杯型は、凹部側より凸部側の空気抵抗が少ないため、一定方向に回転することを利用して、この風杯によってモーターを回転させて発電し、その電気量を風速に換算、あるいはロータリーエンコーダーのような回転数計を設けることで風速に換算する。風速には速度以外に「方向」の情報があるため、風向と風速を同時に計測するためにプロペラ型の羽をもつ「風車型」と呼ばれる風速計が用いられることもある。それ以外の風速センサーとしては、空気圧や超音波を利用したものや、温度から求めるものがある^[13]。

より厳密な風の測定には、風速だけでなく風向をとまなうベクトル量で風を測定する必要があるが、今回は実験的な試作品であるため基本要素である風速のみの風杯型風速センサーを採用し、市販されている気象観測センサーキット^[14]の風速センサー(図3)を利用した。



図3. 風速センサー

(2) 風色計制御部

フィジカルコンピューティングでは、様々なセンサーやアクチュエーターをPCに接続して作品を実現する。それを容易に実現するためのフィジカルコンピューティング用I/Oモジュールとして、Arduino^[15]やGainer^[16]などが有名である^[5]。

本研究では、市販されているArduino Uno(図4)^[17]とWeatherduino(図5)^[18]を利用した。Arduino Unoは、AVRマイコン(ATMEL社のワンチップマイコン)、入出力ボード、統合開発環境からなるシステムで、風色計ではLEDを光らせる制御のために利用する。Weatherduinoは、温度や湿度、風速、雨量などの環境計測ができるArduino用のシールド(拡張基盤)^[19]で、風色計では風速センサー(図3)を接続し風速を計測するために利用する。



図4. Arduino Uno



図5. Weatherduino

そして、PC と風色計を無線で繋ぐために、市販されているワイヤレスモジュール XBee (図 6) [20] と XBee シールド (図 6) [21] を利用する。下から Arduino Uno, Weatherduino, XBee シールド, XBee という順番で重ねて利用する。



図 6. XBee と XBee シールド

Arduino Uno からの出力はトランジスタアレイの東芝製 TD62083APG [22] で増幅して LED チューブに送っている (図 7 はその回路図)。LED チューブには PC ケース 装飾用の物を流用した [23]。

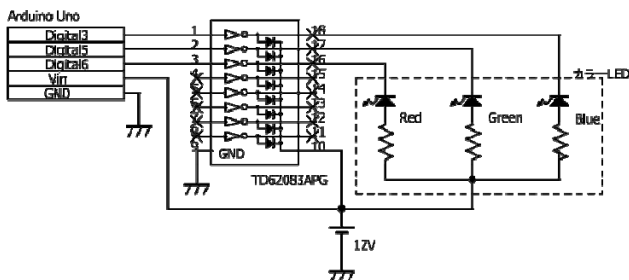


図 7. Arduino Uno と LED チューブの間の回路図

以上の部品を組み込んで風色計制御部を作成した (図 8)。風色計制御部は 3 段構造となる。上から 1 段目には LED チューブの先が出ていてケーブルが 2 段目に延びる。2 段目には Arduino Uno と各シールド, XBee, ブレッドボードが設置される。ブレッドボードにはトランジスタアレイが乗っており LED チューブに接続される。3 段目には 12V 電源として Panasonic 製エネループ 10 本が設置される。



図 8. 風色計制御部の構造

(3) 風色計制御プログラム

風色計の制御プログラムは本研究で独自に開発した。プログラム言語には Arduino 言語を用いており、Arduino IDE によって書き込みを行なっている。Weatherduino 用ライブラリへの対応のため、Arduino IDE [24] のバージョンは 1.0 以降ではなく 0023 を使用している。

Weatherduino に接続された風速センサーの値を 1 秒刻みで取得し、その風速から図 9 のグラフを元に LED チューブのカラー LED の RGB 値を決めている。図 10 がその RGB 値から表現される色である。風速の最大値 4m/s は、5 章で説明する測定結果から適当と思われる値として決定した。また、1 秒刻みで LED の色を変化させると光がちらついて見えるため、前の色から 0.1 秒刻みで徐々に変化するようにしている。

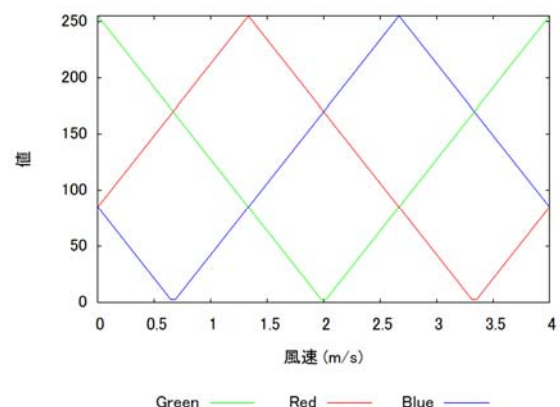


図 9. 風速と LED の色の RGB の関係
0~255 の間でそれぞれの値が変化する。

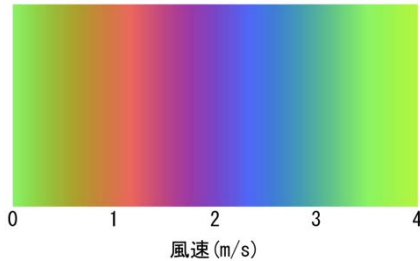


図 10. 図 9 の RGB の値を色に変えたもの

XBee を使って無線で風速のデータを送る部分では、1 秒刻みで Arduino Uno を起動してからの経過時間と、その時の風速を送信している。受信は PC に接続された XBee エクスプローラ USB^[25] と XBee によってなされて、シリアルポート経由で Tera Term などのターミナルプログラムでデータを表示、保存することができる。

(4) 風色計の組立

まず、円筒型の収納ボックスに、風色計制御部を設置する。次に、アクリルパイプ内に LED チューブを差し込む。アクリルパイプの周囲には、6 本の棒を立て、棒はネジで板に固定させる。そして、上の板には風速センサーを設置する。風速センサーは銀色に着色し、色の統一感を出す。最終的に完成した風色計は図 11 のようになった。

設計段階での風色計（図 1）は、一部に溶接を予定していたが、今回組み立てた風色計では便宜的に全ての接合をネジ留めに変更している。また、加工を簡便にするためステンレスパイプをアルミ棒に変更している。下部のボックスもメンテナンス性を上げるため、蓋付きのものを使用している。



図 11. 風色計

5. 風色計の実験

(1) 風色計の実測実験

2012 年 1 月 11 日から 12 日の 2 日間、東京工芸大学の本厚木キャンパス内で、風色計の実測実験を行い、風色計による風の詳細な計測が可能であることを確認した。1 日目の実験結果を図 12、2 日目の実験結果を図 13 に示す。なお、図 12・13 のグラフの値が離散的になっているのは、風速センサーから得られる値が約 0.22m/s 刻みであるためである。

実験の 1 日目は、風が強い日であったことからグラフの値の変化が激しくなっている（最大風速は 3.11m/s）。LED の色の激しい変化からも、この風速の激しい変化をその場で見て取ることができた。

実験の 2 日目は、風が弱い日であったため、変化が乏しくなっている（最大風速は 0.67m/s）。色があまり変化しないことから、微風であることを見て取れた。

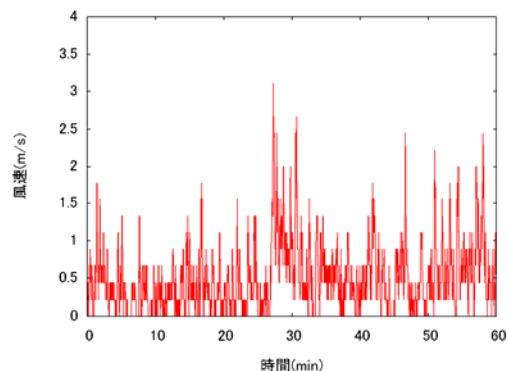


図 12. 風色計で計測した風速の変化
(2012 年 1 月 11 日 21:30~22:30)

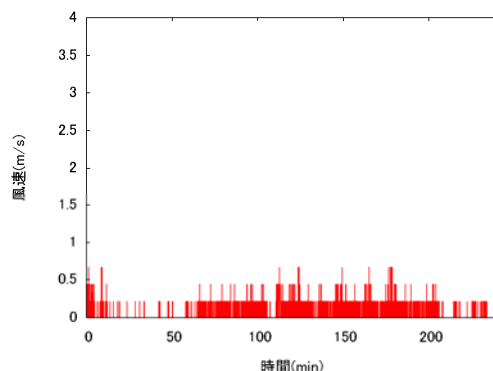


図 13. 風色計で計測した風速の変化
(2012 年 1 月 12 日 17:30~21:30)

また、夜間に実測実験を行い、LED 照明の明るさも十分であることを確認した (図 14)。



図 14. 夜間の実測実験の様子

上記の実験では未搭載であった無線機能を搭載した風色計制御部の稼働実験を 2012 年 11 月に行い、風速情報が無線で受信できることを確認した (図 15)。

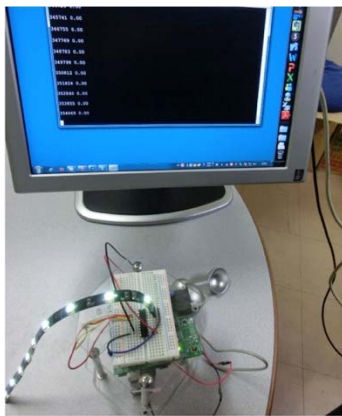


図 15. 無線機能搭載の風色計制御部の実験の様子

(2) 風色計の公開と無線通信実験

2012 年 12 月 8 日、芸術工学会 2012 年度秋季大会 (会場：東京造形大学) にて、風色計の作品発表を行い^[26]、同時に無線通信実験を行った (図 16)。

無線機能を搭載した風色計は、風通しの良い通路に設置し、データ保存用の PC は別室に設置した。風色計と PC の距離は 10m 程度離れた。以上の状態で一定時間の風速を記録し (図 17)、屋外でも問題なく稼働し、計測できることを確認した。設置箇所は大変風が強く、5 章で設定していた風速の最大値 4m/s を超える風が瞬間的に吹いたが、ほとんどの時間は 4m/s 以下の風であった。鑑賞者は風速 0m/s～4m/s の色変化の様子を鑑賞することができた。



図 16. 無線通信実験 (左) と作品発表の様子 (右)

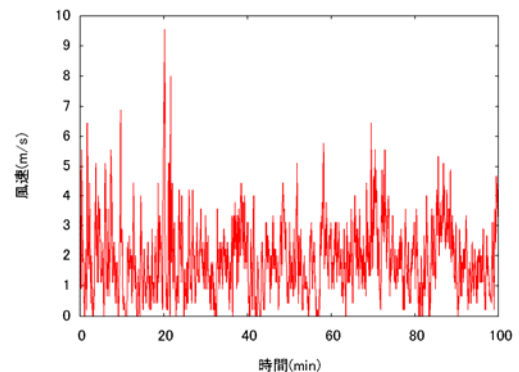


図 17. 無線通信実験で計測した風速の変化
(2012 年 12 月 8 日 11 時 22 分～13 時 2 分)

6. 考察と今後の展開

本研究で制作した風色計は、身近な風の状態を、直感的に分かりやすい光の色変化で伝えることを可能にした。より精度の高い風色計を開発するために、以下の考察と提言を行う。

今回制作した「風色計」の色表示では、風速 0m/s と 4m/s が同系統の色合いとなり、鑑賞者が環境情報を認識する上で、分かり難い設定となっている。今後、どのような色の変化が鑑賞者にとって分かりやすく、適切であるかを検討する必要がある。例えば、色相スケールに沿って色を変化させるようにし、風速 0m/s から風速 4m/s まで、青色から赤色に変化させることを考えている。また、厳密な風の計測では 3 章で述べたように、風速に風向をとまなうベクトル量で計測している。風色計に風向風速計を搭載させた場合、例えば、風向に色合い、風速に明度を当てることで、情報が加わった場合でも対応できると思われる。

風色計は森林や市街地など様々な場所に設置を試み、有用性を検証する必要がある。そのためには、雨風などに耐えられるように現場に備えて耐衝撃、防水、防塵などの性能をさらに向上させ、野外でのハードな利用にも耐えうるように改良す

る必要がある。また、現段階の風色計の電力は、野外において長時間連続で使用することには対応していない。効果的かつ経済的に無線通信を行いながら環境に配慮するものとして、電源供給無しに自己給電できる自家発電装置を搭載することで、外部から電源を供給せず自律的に動作でき、実用的になると思われる。

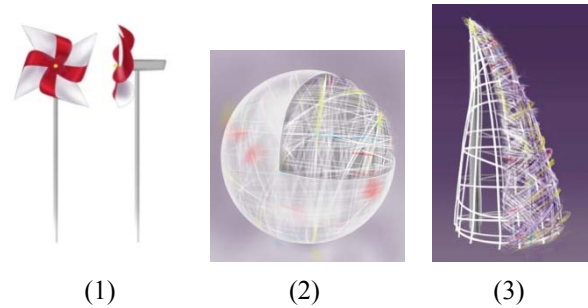
風色計の今後の展開として、2つの方向性が考えられる。1つ目は、風色計が気象観測機器としての機能を持つことから、無線センサーネットワークとしての活用が期待できる。例えば、図18のように複数の風色計を山の斜面や河川などに設置することができる。イルミネーション演出をしながら環境モニタリングを行い、災害の監視や予測といった、地域の生活の安全のための技術として、風色計を役立てたいと考えている。



図18. 山谷に風色計を設置しているイメージ

2つ目は、照明部分のデザインを変化させることによる風色計の新たな表現方法の提案である。風速センサーと照明部分を分離させることは可能なので、風速センサー1つに対して複数の照明を作ることで、1つのセンサーで空間全体を美しく演出できる。さらに、照明の指示体（本作品はLEDチューブ）をより柔軟な素材（光ファイバーや有機ELなど）にし、自在な変化（形の変形や長さの調節）を行うことも可能である。

著者の一人である山本は、以上を検討し、風速計を風車型（図19(1)）にし、照明を球形あるいは塔形の支柱に光ファイバーを巻きつける（図19(2)(3)）、新しい風色計のデザインを提案している（図20）。本研究の発展として、以上のような、自然の力の影響を受けながら広い空間を美しく彩ることができる作品を実現させたい。



(1) (2) (3)

図19. 新しい風色計のデザイン案1

(1) 風車型の風速計 (2) 球形の照明 (3) 塔形の照明

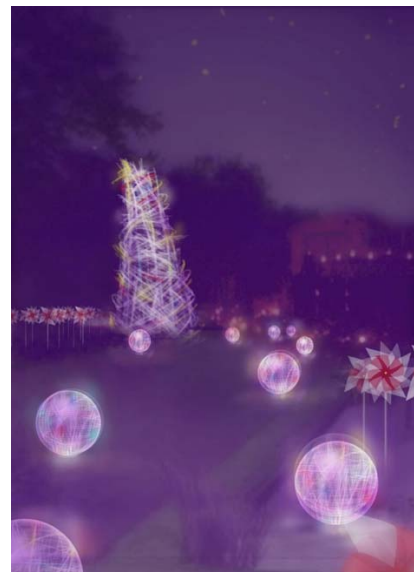


図20. 新しい風色計のデザイン案2

7. おわりに

本研究は、フィジカルコンピューティングを活用し、風の状態をLED照明の色変化により表現する作品「風色計」を制作した。本研究の風色計は実験的試作品であり、実用面ではまだ十分とは言えないが、風を光で可視化する技術や無線通信を実現し、当初の目標をほぼ達成することができた。

今後の風色計の展開として、雨風などに耐えられるように改良を重ねた上で、市街や学校などの公共の場で実際に活用し、有用性を検証する必要がある。さらに、センサーネットワークの一部として利用する方法や、照明部分のデザインを変化させた新たな表現方法を提案したいと考えている。

謝辞

本研究は、大妻女子大学人間生活文化研究所の平成23年度の共同研究プロジェクトに採択して頂き、研究を遂行することができました。本研究

を温かく見守って下さった大澤清二先生ならびに大妻女子大学人間生活文化研究所の関係者の皆様に深く感謝を申し上げます。

そして、風色計の開発と実験に多大なご協力を頂いた東京工芸大学工学部大海研究室の久出川果雄氏、今井義規氏、佐々木恵一氏、亀田達郎氏、木村睦氏、柳下拓也氏に深く感謝を申し上げます。

注

- [1] “国土交通省気象庁”.
<http://www.jma.go.jp/jma/>, (参照 2013-1-1).
- [2] “いであ株式会社-BioWeather service”.
“<http://www.bioweather.net/>, (参照 2013-1-1).
- [3] “一般財団法人日本気象協会-tenki.jp”.
<http://tenki.jp/>, (参照 2013-1-1).
- [4] “株式会社ウェザーニューズ-ウェザーリポート Ch.”. “<http://weathernews.jp/>, (参照 2013-1-1).
- [5] 桑田喜隆. “Gainer 互換 Pepper でフィジカル・コンピューティング-パソコンと AVR マイコンで電子工作 チャレンジシリーズ”. CQ 出版, 2009.
- [6] 市川健夫. “風の文化誌”. 雄山閣出版, 1999.
- [7] 荒川正一. “局地風のいろいろ”. 成山堂書店, 2011.
- [8] 新宮晋. “風の音符 Wind Musical Notes”.
<http://mirea-yymm21.jp/s/shop/detail.html?key=1968>, (参照 2012-12-26).
- [9] 新宮晋. “風の旅人”. 扶桑社, 2002.
- [10] David Bowen. “tele-present wind”.
<http://www.dwbowen.com/telewind.html>, (参照 2013-2-8).
- [11] Fernanda Viégas and Martin Wattenberg. “wind map”. <http://hint.fm/wind/>, (参照 2013-2-8).
- [12] 豊崎寛樹. “風色計の開発”.
<http://windcolour.exblog.jp/>, (参照 2012-12-14).
- [13] 高橋隆雄. “図解入門 よくわかる最新センサーの基本と仕組み”. 秀和システム, 2011.
- [14] SparkFun Electronics. “Weather Meters”.
<http://www.sparkfun.com/products/8942/>, (参照 2012-12-14).
- [15] Arduino. “Arduino”. <http://www.arduino.cc/>, (参照 2012-12-14).
- [16] Gainer. “Gainer”. <http://gainer.cc/>, (参照 2012-12-27).
- [17] Arduino. “Arduino Uno”.
<http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>, (参照 2012-12-27).
- [18] 株式会社ガリレオセブン. “Weatherduino”.
<http://www.galileo-7.com/?pid=19613500/>, (参照 2012-12-14).
- [19] 高橋隆雄. “たのしい電子工作 Arduino で電子工作をはじめよう!”. 秀和システム, 2011.
- [20] デイジ インターナショナル株式会社.
“XBee”.
<http://www.digi-intl.co.jp/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/zigbee-mesh-module/>, (参照 2012-12-14).
- [21] Spark Fun Electronics. “XBee Shield”.
<https://www.sparkfun.com/products/9976/>, (参照 2013-01-11).
- [22] 東芝セミコンダクター&ストレージ社.
“TD63083APG”.
http://www.semicon.toshiba.co.jp/product_detail/linear/ifd/1263103_13561.html, (参照 2013-02-01).
- [23] 株式会社サイズ. “LED ILLUMINACION”.
<http://www.scythe.co.jp/accessories/led-illumination.html>, (参照 2013-02-01).
- [24] Arduino. “Download the Arduino Software”.
<http://arduino.cc/en/main/software>, (参照 2013-02-01).
- [25] Spark Fun Electronics. “XBee Explorer USB”.
<https://www.sparkfun.com/products/8687/>, (参照 2013-01-31).
- [26] 森崎巧一, 豊崎寛樹, 川口卓真, 大海悠太, 林原泰子, 山本正記. “フィジカルコンピューティングを用いた環境情報の視覚化-風色計の開発”. 芸術工学会誌 Design Research No.60, p.85, 2012.

Abstract

Environmental information such as weather information is indispensable to our life and culture. Therefore, in this study, we have attempted to develop a physical computing artwork to visualize wind conditions. We conducted measurements on the wind in the surrounding area and produced the artwork named Wind Color Meter, whose LED lights change colors in accordance with the reading recorded on the anemometer.

(受付日：2013年3月3日，受理日：2013年5月28日)



森崎 巧一（もりさき のりかず）

現職：森画廊

筑波大学大学院博士課程芸術学研究科芸術学専攻修了。
デザインおよび感性の教育研究に従事。