

拡張現実感のための屋内環境風速計測方法の検討

A Measuring Method of Wind Velocity for Indoor Augmented Reality

○嶋田 仁¹, 清水 雅夫²*Hitoshi Shimada¹, Masao Shimizu²

Abstract: The report proposes a new method to measure wind velocity for indoor environment. The method utilizes a speaker and two microphones; the wind velocity is proportional to the phase difference between the two waveforms. Limited experimental results illustrate a potentiality of the proposed method.

1. はじめに

実写画像にコンピュータグラフィックス(CG)で作成した仮想物体を合成する拡張現実感技術は、娯楽だけでなく、教育や交通、産業などの多くの分野で利用されている。仮想物体のCGは、単純な図形だけでなく、多数のポリゴンで構成した複雑な3次元形状をカメラ視点からレンダリングして表示している。このときに、仮想物体と実写画像との間に求められる整合性として、幾何学的整合性(正しい位置関係)、光学的整合性(違和感のない陰影)、時間的整合性(時間スケールの一致)の3点が重要である。仮想物体に光学的整合性を付加するために、我々は実写画像から光源環境を推定する手法[1]や、専用の簡易なセンサを用いて光源環境を推定する手法[2]を開発してきた。

本報告では、さらに仮想物体に現実環境の風向や風速を反映するための、風速計測方法の基礎検討の結果を示す。提案手法は、屋内環境における風速(～2 m/s程度)を、デスクトップコンピュータに周辺機器を取り付けることで計測できることを目的とする。気象観測用の風向風速計は、解説論文[3]にさまざまな種類が紹介されている。提案手法は、超音波風速計(伝搬時間差法)に近いが、装置構成が単純化できるかわりに計算量が多くなる可能性がある。しかし、この計算量の増加は、デスクトップコンピュータが利用できる環境での利用が前提なので問題とはならない。

2. 風速計測方法

Figure 1に、提案する風速計測方法の構成を示す。風向も計測するときには、図中のマイクロフォン対をもう一對用意して、2次元風速を計測すればよい。

風速 v_w の空气中で、スピーカから音速 v で連続する音(正弦波とする)が出ているとする。上流側マイクロフォン1までの伝搬時間を t_u とすると、この伝搬時

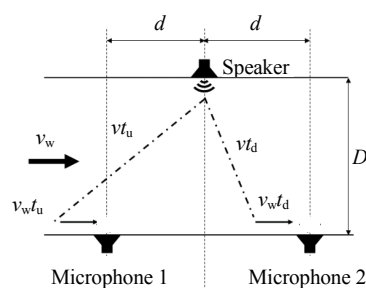


Figure 1. Composition of the proposed method.

間の間に音波は $v_w t_u$ だけ下流方向に移動する。同様に、下流側マイクロフォン2までの伝搬時間を t_d とすると、この伝搬時間の中に音波は $v_w t_d$ だけさらに下流方向に移動する。スピーカからマイクロフォン対までの音波の伝搬距離で形成される2個の直角三角形の辺々の関係から、次式を得る。

$$\begin{cases} (vt_u)^2 = D^2 + (d + v_w t_u)^2 \\ (vt_d)^2 = D^2 + (d - v_w t_d)^2 \end{cases} \quad (1)$$

伝搬時間差を $\Delta t = t_u - t_d$ とすると、式(1)をまとめることで次式を得る。

$$v_w^2 \Delta t + 2dv_w - v^2 \Delta t = 0 \quad (2)$$

式(2)中の項 $v_w^2 \Delta t$ は、他項と比較して数桁小さいので無視すると、風速 v_w は次式で求めることができる。

$$v_w = \frac{v^2}{2d} \Delta t \quad (3)$$

伝搬時間差 Δt は、マイクロフォン対で受信した正弦波の相関を求めることで、次のように相関ピーク位置として検出することができる。

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin t \cdot \sin(t + \Delta t) = \pi \cos \Delta t \quad (4)$$

3. 実験結果

3-1. 小型低速風洞の製作

提案する計測方法で風速が計測できることを確認するために、Figure 2 に示す風洞を製作して実験を行った。風洞は厚さ 7mm のスチレンボード製で、縮流部が 600mm、測定洞が 900mm である。測定洞の下流側は室内に解放で、内径は 286×286mm である。縮流部と測定洞の間に、ピッチ 6.4mm、線径 1.7mm のプラスチック製の網（開口率約 54%）を 2 層挿入して整流している。送風機は直流モータを使った扇風機を 2 台、タンデム配置で使用した。リモートコントロールで、風速を 12 段階に設定することができる。風洞内の風速は、測定洞に挿入した熱線風速計で測定した。最大風速は約 1.6m/s、レイノルズ数は最大 0.1 である。

スピーカとマイクロフォン対を測定洞の対向面の中央に埋め込み、スピーカから 40KHz の連続正弦波を出力した。マイクロフォン出力は 100 倍のプリアンプで増幅した後に、波形をオシロスコープで確認して、波形データは USB メモリに記録した。

風洞は高剛性にすべきだが、計測方法は測定洞の内径に関係しないこと、最大風速 1.6m/s 程度では測定洞にゆがみ方向の変形が生じないことから、簡易に製作できる材料を選定した。

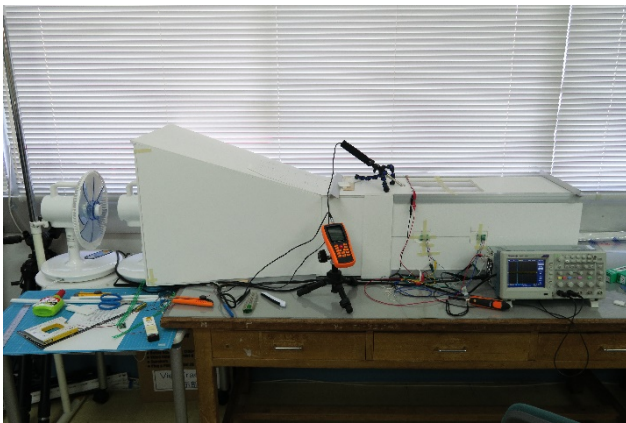


Figure 2. Experimental wind tunnel.

3-2. 測定結果

10MHz サンプルングで記録した波形から、マニュアルで位相差を測定し、式(3)を用いて Figure 3 に示す風速計測結果を得た。なお、風速 0m/s のときにもマイクロフォン対の機械的な設置誤差のために出力波形には位相差がある。この位相差から得られる風速が 0 になるように、全ての計測結果を補正している。

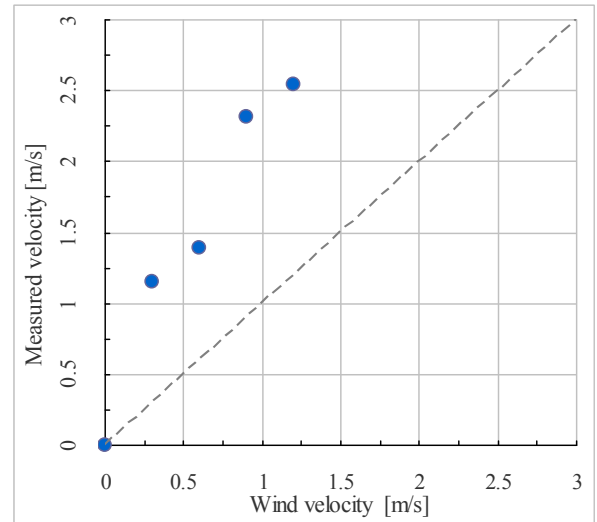


Figure 3. Measuring results.

4. まとめ

Figure 3 の計測結果に見られる誤差は、引き続き検討中である。

提案する風速計測方法を拡張現実感プログラムと同時に利用するために、ハイレゾ・オーディオキャプチャデバイスをを用いる予定である。そのときには、相関ピーク位置の検出をサンプリング周期で行っているのは風速計測分解能が低下するので、cos 関数のフィッティングによって相関ピーク位置を検出する。さらに、光源環境と風向・風速の計測結果を反映できるような仮想物体のレンダリングを行いたい。

参考文献

- [1] 清水：「(高精度ではないが) 簡易な光源環境推定方法」, 画像センシングシンポジウム講演論文集, 2013.
- [2] 林, 清水：「拡張現実感のための光源環境センサ」, 画像センシングシンポジウム講演論文集, 2016.
- [3] 小野木：「地上風の測器」, 日本風工学会誌, 34 巻 3 号, pp. 314--321, 2009.