

そよ風のゆらぎと体感に関する一考*

久保田 哲 也**

1. はじめに

春のうらかな陽気に誘われて、戸外での休日を過ごした経験は誰にでもあると思います。そのような際に会った一陣のそよ風を、ほとんどの人は心地よい (bland) ものと感じるでしょうし、そのことに異論がはさまれることも少ないと思います。しかし、真冬ではないとはいふものの、秋が深まり、冬へと移り変わる立冬の頃、そよ風を心地よいと感じるでしょうか。この感じ方は、その時の日照、気温、風速だけに依存するのではなく、風のゆらぎ方も関係あると考えられます。心地よい風の条件は、適当な気温及び風速だけでなく、その「ゆらぎ」の仕方にも関係すると思われ、エアコンや扇風機などにもこのゆらぎが取り入れられています。立冬を過ぎたある日に、大学構内で、海岸の飛砂対策 (海岸砂防と呼びます) 実験の一部として風速測定実習を行っていたところ、気温も比較的高く、風速も緩やかなそよ風しかないので、測定に携わる者から、風を不愉快に感じるといった意見が相次ぎました。その原因がゆらぎの仕方にあるのではないかと考え、その時のそよ風 (微風) のゆらぎを検討しましたが、ここでは、体感との関連について一つの考え方を披露させていただきたいと思います。

2. そよ風のゆらぎ

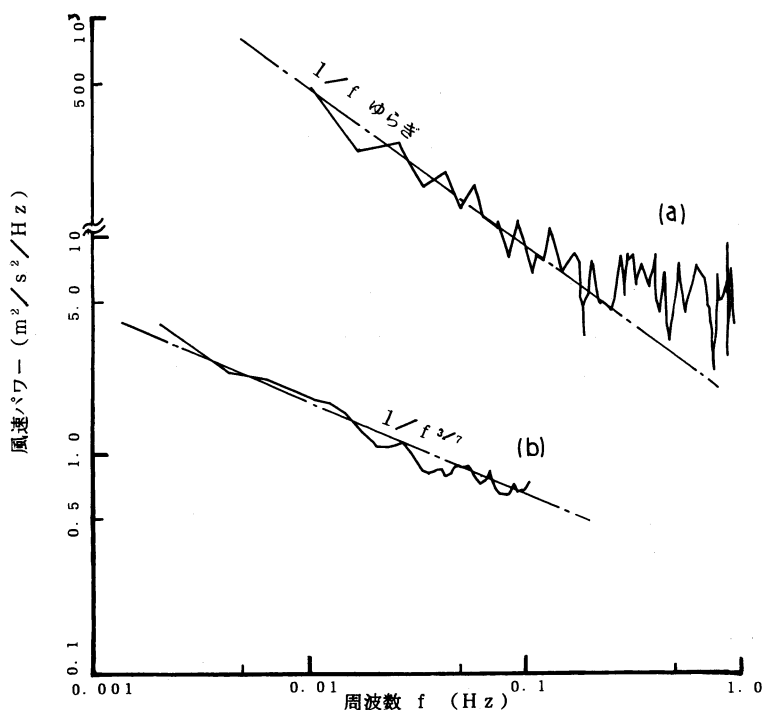
風にはよく息があると言われるますが、これは風速が時間とともに不規則に変化することを意味します。ここで言う風のゆらぎとはこの風速変動のことです。このゆらぎは周波数ごとの持つエネルギーの大きさを表すパワースペクトルの傾きにより特徴づけられます。

そよ風のゆらぎは一般的に、 f を風速変動の周波数として、ゆらぎのエネルギーが周波数に対して -1 の傾きをもって減少する $1/f$ ゆらぎになるといわれています。第1図aは佐治 (1994) が松下精工の提供で、そよ風のゆらぎとして取り上げているものです。パワースペクトル上の傾きの絶対値が大きい現象は、例えば純音や正弦波など規則性のある現象を表し、小さなものはラジオの白色雑音など不規則な現象を表すとされ、傾きの小さな現象ほど不規則性の強いものとされます。ところが、これまでの研究によりますと、この傾きと心地よさの程度には定量的関係はなく、ただ $1/f$ ゆらぎ又はそれに極めて近い傾きをもつ時だけが、大脳生理学的に快適と感じる現象であるとされます。そして、この $1/f$ ゆらぎは人が最も心地よく感じる「ゆらぎ」とされ、清涼感をあおる溪流の水音や砂浜の潮騒など、自然環境の中でよく見られるものです。一方、同様に自然環境の中で一般的な、乱流と呼ばれる乱れた流れは、さまざまな大きさの渦から成っていますが、それぞれの大きさの渦がもつエネルギーを表すパワースペクトルには流れの粘性に影響されない慣性領域と呼ばれる部分があり、この部分の傾きは $-5/3$ になるとされています。また、平均風速が約 6m/s 程度のやや風のある時に測定したケヤキの葉ずれ音もほぼ $1/f$ ゆらぎを示していますが (第2図)、これは、先に述べたように、葉をゆらす風のゆらぎの性質 ($1/f$ ゆらぎ) と関係するのではないかと想像できます。

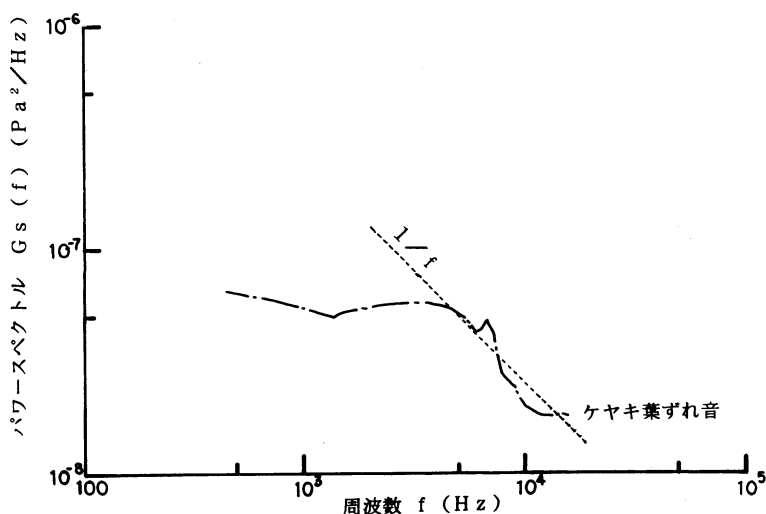
今回の測定は、1995年の立冬を過ぎて間もない11月15日、大学のキャンパス内 (写真1) において、熱線風速計を用いて行いました。測定の間風向はほぼ北西でした。この日は早朝に雨が降り、風も前日の南よりから北風に変った曇りの天候で、前日、前々日と比べて気温が $5.6\sim 4.4^{\circ}\text{C}$ も低く、急に寒くなった日で

* A consideration of fluctuating breeze.

** Kubota Tetsuya, 鳥取大学農学部生存環境科学大講座。



第1図 そよ風の風速変動ゆらぎ（パワースペクトル）. (a) そよ風のゆらぎ（佐治，1994）. (b) 測定された微風のゆらぎ.



第2図 ケヤキ葉ずれ音のゆらぎ（パワースペクトル）.
（鳥取大学キャンパスにて，1993年5月14日測定）.

した. 当日の鳥取の日平均気温は 8.4°C , 日平均相対湿度67%と発表されています.

この日の測定はおおよそ午後2時から2時半にかけての時刻帯に10分間行われました. その平均風速は静

穏に近い 0.24 m/s で, 最大で 2 m/s 程度でしたので, 風の止み間もあり, 立ち止まっていないと風の有無を判断できない時がありました. 測定データより, 平均風速からの変動を取り出し, ローパスフィルターを通

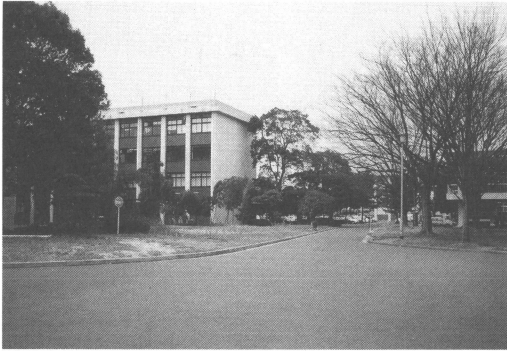
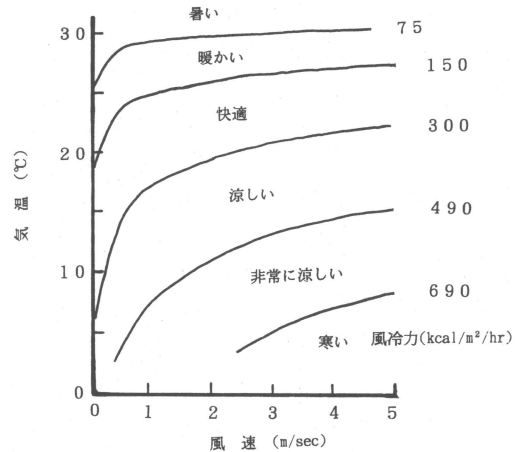


写真1 風速ゆらぎ測定場所（鳥取大学キャンパス）。


 第3図 佐々木の風冷力階級
(朝倉正ほか, 1995による)。

した後に周波数解析にかけました。その結果は、第1図bのパワースペクトルです。このゆらぎの周波数の範囲は、第1図aとほぼ一致しています。

さて、第1図aは高周波数の部分（0.1 Hz より大きな部分）では $1/f$ ゆらぎとはなっておらず、傾きが緩くなっています。つまり、短い風速の変動はホワイトノイズの様にランダムな変動となっていて、規則性のないことがうかがえます。短い風速変動は気流の小さな渦により生じますが、乱流の研究によれば、粘性によって減衰しやすいとされています。このためエネルギーは周波数の小さな変動（大きな渦）に偏るとともに、高周波数部分では小さな渦の不規則な消長が生じてこのようなホワイトノイズ状の部分が生じるものと思われます。しかし、このことは図bの範囲では現れていません。

第1図bでは、予想に反して、風速変動のゆらぎ（図上の傾き）が乱流の代表的な値であります $-5/3$ や、 $1/f$ を表す -1 にならず、おおよそ $-3/7$ 程度であるのが見てとれます。この $-3/7$ という傾きはかなり不規則な現象を示唆し、次の変化が予想できないので心地よくないものとなっています。つまり、風のゆらぎにより次の瞬間に生じる皮膚の触覚変化が予想できないことから、心地よいものではないことを示しています。

3. そよ風の体感

立冬が過ぎた寒い季節の話題なので、まずは体感温度を考えてみたいと思います。風速計に付属する温度センサーによれば、測定時の気温はおおよそ 12°C でした。体感温度の指標となる Siple-Passel の風冷力（下式）を計算すると、この気温における平均風速 0.24 m/s に対するものは約 $318\text{ kcal/m}^2/\text{hr}$ となります。測定時間中の最大瞬間風速 1.91 m/s に相当する風冷力は約

$471\text{ kcal/m}^2/\text{hr}$ です。前者の値も後者のそれも、佐々木の風冷力階級（第3図）によれば、「涼しい」分類に相当します。「非常に涼しい」や「寒い」の分類には入りません。

$$\text{風冷力} = (\sqrt{100V} - V + 10.5) \times (33 - T) \quad (\text{kcal/m}^2/\text{hr})$$

ここで、 V ：風速 (m/s)、 T ：気温 ($^{\circ}\text{C}$)。

従って、今回のそよ風に対しては寒くて気分が悪いとか、心地よくないといった感覚はあまり出ないはずなのです。しかも、測定に当たった人間や測定中に付近で立ち話をしていた人物は、すでに季節にあった暖かな服装をしていました。にもかかわらず、測定場所に居合わせた者が、口をそろえて「風の感触が良くない」とか「意外と冷たく感じる」などの意見を示した理由は、先に述べた不規則な微風ゆらぎの特性によるのではないかと考えた次第です。個人的な身体の周辺近傍の環境に対しては、皮膚感覚である触覚はもっとも重要な感覚の一つであるとされます。ですから、不規則な風のゆらぎによって、次に来る風の感触が今より冷たいかどうか予測できない不安感が、不快な主な理由と考えますが、いかがなものでしょうか。

4. まとめ

風の測定実習を行っていた際に、 $1/f$ ゆらぎになるのではないかという予想に反して、不規則なそよ風のゆらぎが測定されました。風速と気温から考えれば寒くないはずの風を「冷たい」「不快」と感じた者が多かった主な理由、あるいは、少なくともその一因を、この

不規則なゆらぎに求めました。湿度や日照に対する考察が抜けていますが、季節の変わり目で気温の微妙な時期には、弱いそよ風も、ゆらぎ方次第で「意外と不快、または、意外と冷たく」感じると言えるのではないのでしょうか。野外調査や野外での教育・実習に際しては、風が弱い日でも服装には注意が必要と思われるます。

素人の思い過ごしであるとか、あるいは分かり切ったことを何をいまさらと、一笑に付される可能性は十分承知の上ですが、野外教育の現場をあずかる者の1

人として、そよ風に関する一つの考え方を披露させていただきました。会員の皆様のご意見はいかがなものでしょうか。

参考文献

- 朝倉 正, 関口理郎, 新田 尚, 1995: 新版気象ハンドブック, 朝倉書店, 574-575.
佐治晴夫, 1994: ゆらぎの不思議物語, PHP 研究所, 124-125, 156-161.



地球温暖化予測情報の提供開始

大気中の二酸化炭素等の温室効果気体濃度の増加に伴う地球の温暖化は、人類の社会経済活動へ多大な影響を与えることが懸念されており、日本をはじめとする先進国を中心に世界各国で地球温暖化防止対策が検討されています。温暖化防止対策の策定にあたって地球温暖化による影響評価を行うための資料として、温暖化に伴う気温、降水量、海面水位などの変化についての予測情報を欠くことができません。

気象庁では、気象研究所が開発した全球大気・海洋結合モデルを用いて、平成7年度から当面5か年計画で、数種類の二酸化炭素排出シナリオ(見通し)に沿った今後100年間の地上気温、降水量、海面水位、海面水温、海水分布等の推移の予測計算を行い、その結果を「地球温暖化予測情報」として関係行政機関および研究機関等に提供する業務を実施しています。

このたび、気象庁は、大気中の二酸化炭素の濃度が年々1%ずつ増加する場合(おおよそ70年後に現在の濃度の2倍となる)の地球温暖化予測情報をCD-ROMで公表しました。このCD-ROMには、気候モデルによる計算結果を各種気候要素毎にテキスト形式で記録したデータファイル及び分布図を収めた画像データファイルが収録されています(表)。また、テキストデータを読み出すためのサンプルプログラムも収録してあります。

気象庁のホームページ(<http://www.kishou.go.jp>)に画像データの一部を掲載していますのでご覧下さい。

表 CD-ROM に収録したデータの内容の一覧表。○はデータがあることを示す。

気候要素	テキストデータ	画像データ
地上気温	○	○
降水量	○	○
地表面温度	○	
蒸発量	○	
土壌水分	○	
海面気圧	○	
雲量	○	
地表面短波入射	○	
積雪深	○	○
海面水温	○	○
海氷の密接度	○	○
海面水位	○	○

本CD-ROMの内容及び入手に関する問い合わせは下記までお願いいたします。

〒100 千代田区大手町1-3-4

気象庁気候・海洋気象部気候情報課

荻澤 浩

電話: 03(3212)8341 (代表)

E-mail: clime@hq.kishou.go.jp