

VR と風洞を用いた疑似体験に基づく強風に対する人間の心理的応答に関する分析 Analysis on Human Psychological Responses to Strong Wind Based on Simulated Experience Using VR system and Wind Tunnel

○南野皓亮・西嶋一欽

○Kosuke MINAMINO, Kazuyoshi NISHIJIMA

This study investigates how people psychologically response in the event of strong wind with respect to the change in wind speed, magnitude of sound and what they see. For this end, an experiment device is developed consisting of a VR goggle with movies recording surrounding situations during an actual typhoon event and a set of fins that induces turbulence settled in a wind tunnel. A test using the experiment device shows that people tend to feel fear against high wind speed rather than sound or what they see, and sudden increase and decrease of wind speed.

1. はじめに

本研究では、強風疑似体験システムの開発、システムを用いた人間の心理的応答（恐怖感）に関するアンケート調査、恐怖感を覚える瞬間の風速・映像・音の分析を通して、人間が強風に対して恐怖感を覚える要因を明らかにする。

2. 強風疑似体験システムの開発

開発した強風疑似体験システムを図1に示す。システムの主要部は、境界層風洞実験装置、風の乱れを発生させる翼列、360度映像を再生するVRゴーグルにより構成されている。映像は2020年台風第10号襲来時の一般住宅の庭を360度カメラで撮影したものを用いる。

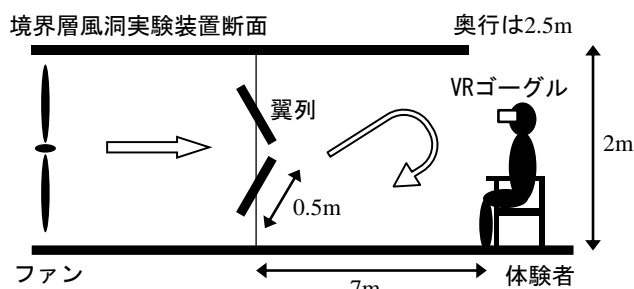


図1 強風疑似体験システム

3. 調査方法

システムを用いて恐怖感の調査を行った。調査では、体験者は強風疑似体験の後、アンケートに回答した。体験者は11人である。調査の内容を表1に示す。調査①では、図1の翼列が水平面と平行の場合を一様流、翼列を傾斜配置した場合を変動風とした。体験者付近の1分間平均風速が10m/s程度のとき、乱れの強さは一様流の場合が0.5%、

表1 調査の内容

調査①
<ul style="list-style-type: none"> VRゴーグルを装着しない 一様流と変動風を1分間ずつ体験してもらう
調査②
<ul style="list-style-type: none"> VRゴーグルを装着する 変動風を1分間×2回体験してもらう 風速を2段階に分けて上げる（約6m/s、約10m/s） 2回の体験で異なる映像を用いる（場所は同じ） 体験中、恐怖感を覚えた瞬間に時刻を記録するボタンを押してもらう

表2 アンケート項目

- | |
|---|
| (1) (調査①について) 体験した2種類の強風で、より怖いと感じたのはどちらですか？ |
| 1: 1回目 2: 2回目 |
| (2) (調査②について) 体験を終えて、特に怖いと感じた理由は何ですか？複数選択した人は、怖いと感じた順位を教えてください。 |
| A: 風の速さが変わったから C: 音が怖かったから |
| B: 映像が怖かったから D: その他 |

変動風の場合が3.6%であった（ともにVAISALA社 超音波風向風速センサ WMT704で計測）。体験者ごとに一様流と変動風の体験の順番を変えた。調査①では、一様流、変動風ともに体験開始後に体験者付近の風速が10m/s程度になるまでファン回転数を上げた。また、調査②では、2回の体験で異なる映像を用いて、体験してもらう風速と映像・音の組み合わせを変えた。体験者付近の風速は上述の超音波風速計で計測した。アンケート項目を表2に示す。調査①後に項目(1)、調査②後に項目(2)を回答してもらった。調査②において体験者が観る映像の一部、体験者付近の風速の時刻歴

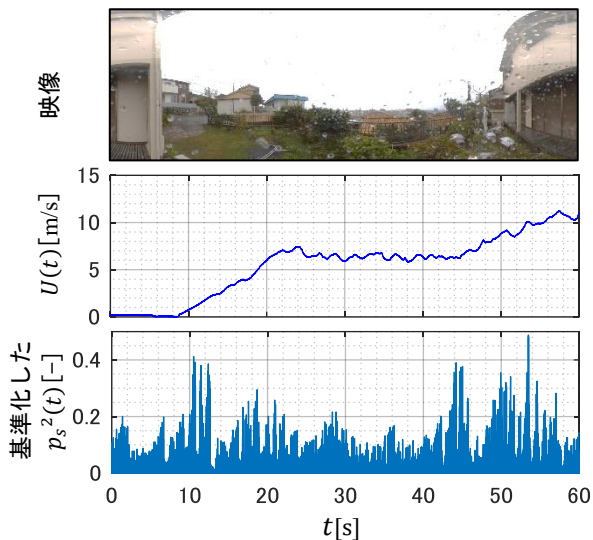


図2 調査②の体験（1分間）イメージ

$U(t)$ の一例、カメラのマイクが記録できる音圧の最大値の2乗で基準化した、映像に記録された音の音圧 p_s の2乗 $p_s^2(t)$ の時刻歴（体験2回目）を図2に示す。

4. 調査結果と分析

アンケート結果を表3に示す。表3内の点数は、A、B、Cの回答人数を順位付けから1位：3点、2位：2点、3位：1点として重み付けしたものである。(1)では、乱れの強さが大きい変動風の方が恐怖感を覚えると回答した人数が多い。(2)では、恐怖感を覚える要因は人数、点数ともにA（風速の変化）、C（音）、B（映像）の順で多い。

体験2回目のボタン押下回数（合計）を図3に示す。ボタン押下回数は、体験1,2回目ともに風速が6m/sから増速する時間帯である45秒以降で特に多い。映像・音とボタン押下回数には大きな相関は見られない。

人間が特に敏感な水平振動の振動数は2Hz程度²⁾であり、人間の単純反応時間は0.2秒程度³⁾であることから、ボタン押下時刻の0.7秒前から0.2秒前までの0.5秒間の風速 $U(t)$ に注目する。まず、体験時間全体を0.5秒間ごとに分割し、各々の風速の差分 $\Delta U (= U(t+0.5) - U(t))$ と0.5秒間平均風速 $\overline{U}_{0.5}$ の二変量度数分布を描く。その上にボタン押下時刻直前の0.5秒間の ΔU と $\overline{U}_{0.5}$ をプロットしたものを図4に示す。 $\overline{U}_{0.5}$ が6m/s以上の場合に、ボタン押下時刻直前の方が全体と比べて分布の割合が高い。 $\overline{U}_{0.5}$ が6m/s程度のとき、全体では ΔU が正負どちらの場合も同程度に分布が見られるのに対し、ボタン押下時刻直前では ΔU が正の場合の分布が多く、風速が瞬間的に大きくなることにより

表3 アンケート結果（体験者：11人）

(1)	人数 [人]	(2)	人数 [人]	点数 [点]
一様流	1	A	9	25
変動風	10	B	6	14
		C	8	15
		D	1	

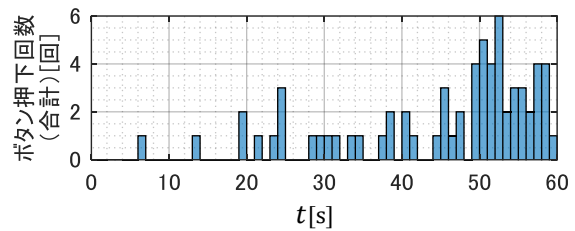


図3 調査②体験2回目のボタン押下回数（合計）

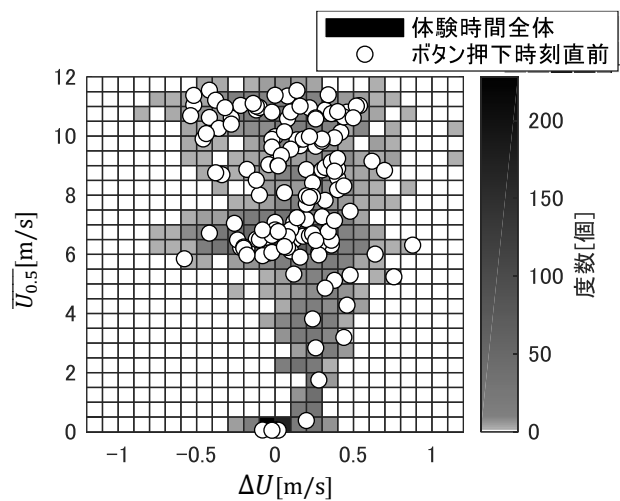


図4 0.5秒間の風速の差分と平均風速

恐怖感を感じる傾向が見られる。一方で、 $\overline{U}_{0.5}$ が11m/s程度のとき、全体・ボタン押下時刻直前ともに ΔU が正負どちらの場合も同程度に分布が見られる。 $\overline{U}_{0.5}$ が8m/s以上になると、 ΔU の正負に関わらず恐怖感を感じる傾向が見られる。

5. まとめ

VRゴーグルおよび変動風生成翼を配置した風洞を用いた強風疑似体験システムを用いて、強風に対する人間の心理的応答に関する分析を行った。

謝辞

本研究で試用したVRと風洞を用いた疑似体験は、JACIC研究助成「風洞と連動したハイブリッド型強風体験VRコンテンツの開発」（令和元年～令和2年）の成果物である。

参考文献

- 1) 西嶋一欽：「風洞と連動したハイブリッド型強風体験VRコンテンツの開発」,一般財団法人日本建設情報総合センター研究助成事業報告書,2020
- 2) 国松直,三浦房紀,今村威,中川浩二：「公害振動における構造物の応答特性と水平振動計測の重要性について」,土木学会論文集,第403号,pp45-54,1989
- 3) 古田久,榎引亮：「運動不振学生の全身反応時間に関する研究」,埼玉大学紀要,第60巻,第1号,pp67-70,2011