

2025 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災 or 室内環境 or 屋外環境 or 分野横断・異分野連携

研究期間：2025 年度

課題番号：252007

研究課題名（和文）：大型スライダータイプのエア遊具の被害発生風速の検討

研究課題名（英文）：Study on wind speeds cause damage to large slide-type inflatable playground equipment

研究代表者：栗橋 寿（一般社団法人日本エア遊具安全普及協会）

交付決定額（当該年度）：360,000 円

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用させていただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

エア遊具とは写真 1 に示すように空気で膨らませた大型遊具の総称である。材質はテント用布地（ターポリンなど）が用いられることが多い。エア遊具の形状は多種多様であるが、概ねマットタイプ、スライダータイプ、ドーム型に分けることができる。これらのエア遊具は大きさに対して非常に軽量であり、また、殆どがイベント時のみの仮設であることから、地盤への固定は砂袋・ポリタンク・杭などの簡易的な設置をしているのが現状である。エア遊具の設置許可などを所掌する省庁は無いのが現状であり、法的な隙間にある構造物となっている。このエア遊具の強風（竜巻などの気象擾乱によるものではなく）による被害は頻繁に発生している。写真 2 は強風による事故事例として示したもので、平成 20 年 2 月に発生したあらかわ遊園（東京都荒川区）にて発生したスライダータイプの飛散事故の新聞記事である。当時 4 歳の子供が放り出され重傷を負っている。この事故を受けて、荒川区では運用マニュアルを作成しており、「強風（平均風速 10m/s 以上）時には、即座に営業を停止する。」として運用を始めた。しかしながら、エア遊具の被害発生に関する限界風速は瞬間風速で考えるべきであり、平均風速での評価で良いか、風速値についても工学的な判断が必要であった。そのため、日本エア遊具安全普及協会（以降、JIPSA）は東京工芸大学風工学研究センターと共同研究で実施した風洞実験結果をもとに、安全運営の 10 か条を策定し、その中で下記の風速基準を設けた。

[運営注意]：瞬間風速 8m/s を超えた場合

[運営中断]：瞬間風速 10m/s を超えた場合

[運営再開]：連続した 10 分間で瞬間風速 10m/s 以下 他

この JIPSA の安全運営の 10 か条は消費者庁が準用するなど半公的な運営基準ともなっており、重要性が非常に大きなものとなっている。



写真 1 エア遊具（スライダータイプ）



写真 2 強風による事故（朝日新聞 H20.2.25）

近年、高さが6mを超えるような大型のエア遊具（スライダータイプ）が使われるケースが増加している。エア遊具の内部は空気であり、エア遊具の寸法が大型化するに従い、その単位体積重量は小さくなっていく可能性が高い。JIPSAの風速基準を設定した際に用いたスライダータイプは中型（高さが4.5m）をベースにしており、大型のエア遊具を対象にするためにも、大きさに従って風速基準を変化させる必要が生じる可能性が考えられるため、本研究ではスライダータイプのエア遊具を対象として、中型・大型およびスライダーの横幅が広い・狭いケースの風洞実験を行い、それぞれの被害発生風速を検討する。最終的には、JIPSAの安全運営の10か条の風速基準の見直しの要不要について検討する。

2. 研究の方法

2.1 実験概要

本研究で用いた模型はスタイロフォーム製の模型[図2]である。スライダー型の大型、特大型および横幅の平均と狭いケースの4タイプに定義し、縮尺は1/50とした。実験風速を5m/s、気流の乱れの強さは2である。[図3]風向角は、ターンテーブルを用いて模型方向を0°~180°まで回転させ、風向ごとの風力係数を測定した。[写真1]

2.1 解析方法

次に模型に作用する風力の定義[図4]を示す。風力測定軸は建物軸に固定しており、風力をF、模型底面における、それぞれの軸まわりのモーメントをMとした。また、風力係数は次式のように定義した。

$$C_{Fx} = \frac{Fx}{q_H BH} \quad C_{Fy} = \frac{Fy}{q_H BH} \quad C_{Fz} = \frac{Fz}{q_H BH} \quad C_{Mx} = \frac{Mx}{q_H BH^2} \quad C_{My} = \frac{My}{q_H BH^2} \quad C_{Mz} = \frac{Mz}{q_H BH^2}$$

F_x : x方向の風力, F_y : y方向の風力, F_z : z方向の風力 M_x : x軸周りの模型基部でのモーメント, M_y : y軸周りの模型基部でのモーメント M_z : z軸周りの模型基部でのモーメント B: 幅[m], H: 高さ qH: 頂部速度圧

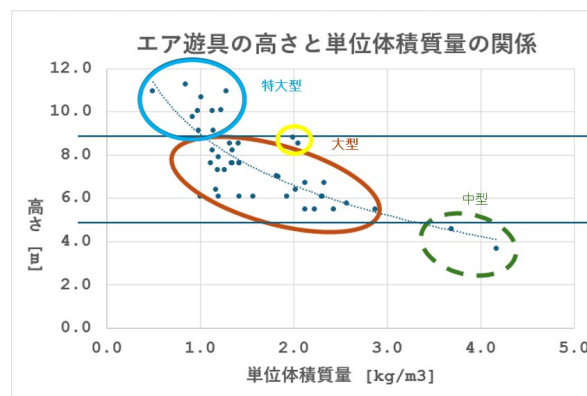


図1 エア遊具の高さと単位体積質量の関係

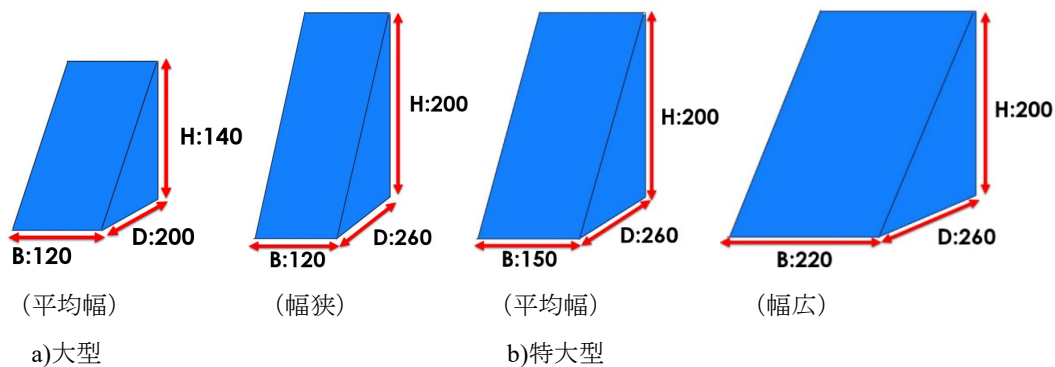


図2 スライダー型模型寸法[mm]

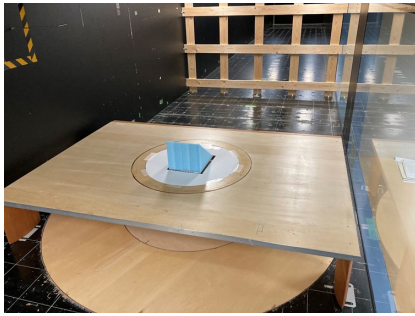


写真1 乱流格子とターンテーブル

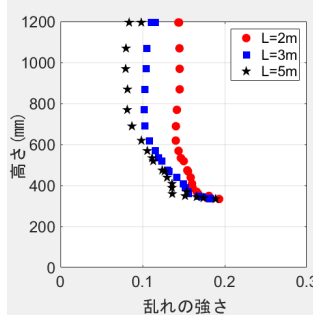


図3 実験気流

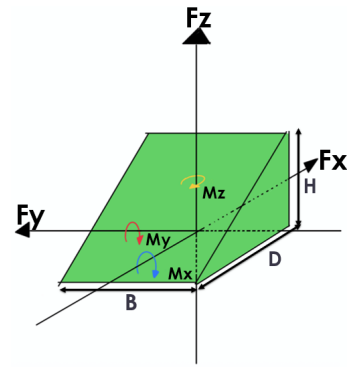


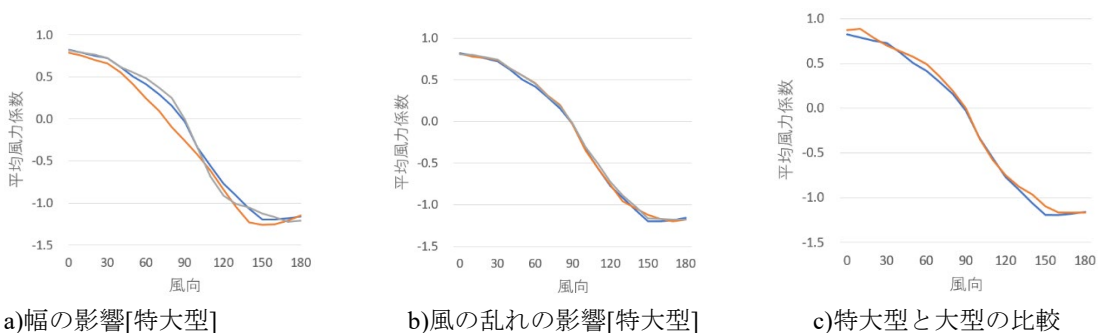
図4 風力の定義

3. 研究成果

3.1 風力係数と風向の関係

模型の種類や風の乱れを変化させ、得られたデータから六つのグラフを作成した。図5は特大型の CF_x を比較したものである。X 軸方向の平均風力係数の値は 0 度から 90 度までは正の値で、90 度から 180 度では負の値となっている。[図 5(a)] また、幅による平均風力係数の差は小さく、150 度で平均風力係数の値が最大になる。次に特大型の風の乱れの変化を比較した。[図 5(b)] CF_x の平均風力係数の値は距離 L によらず、150 度で最大平均風力係数となっている。最後に大型と特大型の大きさによる比較を行った。[図 5(c)] 大型と特大型によつての違いは見られず、150 度で最大平均風力係数となっている。図6は特大型の CF_y を比較したものである。30 度から 120 度でそれぞれの幅で最大風力係数となり、力の向きとしてはすべての風向で負の向きとなっている。[図 6(a)] 次に特大型の風の乱れの変化を比較した。[図 6(b)] こちらも距離によつての違いは見られず、30 度から 120 度にかけて最大平均風力係数となっている。最後に大型と特大型の大きさによる比較を行った。[図 6(c)] こちらも大きな違いは見られず、30 度から 60 度にかけて最大平均風力係数となっている。

図7は特大型の CF_z を比較したものである。それぞれの幅で 0 度から 60 度までは下向きの力となり、60 度から 180 度まで上向きの力となっている。[図 7(a)] また、それぞれの幅で 90 度から 120 度で最大風力係数となっている。そして特大型の風の乱れの変化を比較した。[図 7(b)] こちらも距離によつての違いは見られず、100 度付近でそれぞれ最大平均風力係数となっている。最後に大型と特大型の大きさによる比較を行った。[図 7(c)] どちらも 30 度で下向きの力が最大、100 度で上向きの力が最大となっている。図8は特大型の CM_z を比較したものである。100 度から 120 度にかけてそれぞれの幅で最大平均風力係数となり、幅が狭いほどその最大値は大きくなっている。[図 8(a)] 次に特大型の風の乱れの変化を比較した。[図 8(b)] こちらも距離によつての違いは見られず、110 度でそれぞれ最大平均風力係数となっている。最後に大型と特大型の大きさによる比較を行った。[図 8(c)] こちらではどちらも 0 度から 180 度まで負の方向の力の向きだが、特大型のほうが最大平均風力係数が大きくなっている。



a) 幅の影響[特大型]

b) 風の乱れの影響[特大型]

c) 特大型と大型の比較

図5 平均風力係数の風向による変化(CF_x の比較)

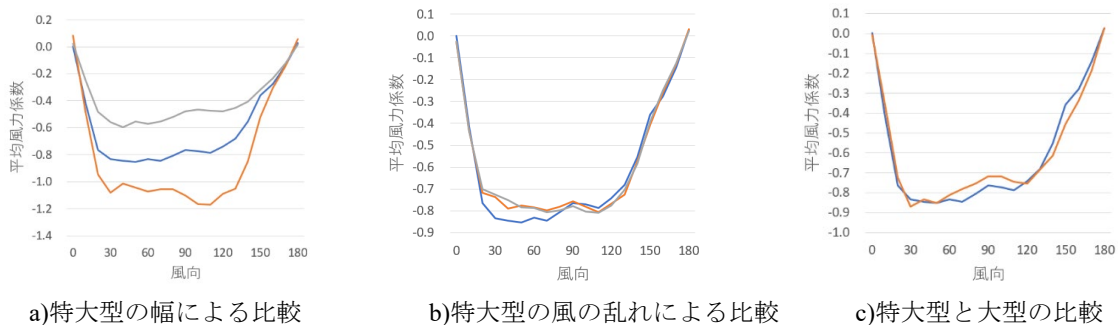


図 6 平均風力係数の風向による変化(CFy の比較)

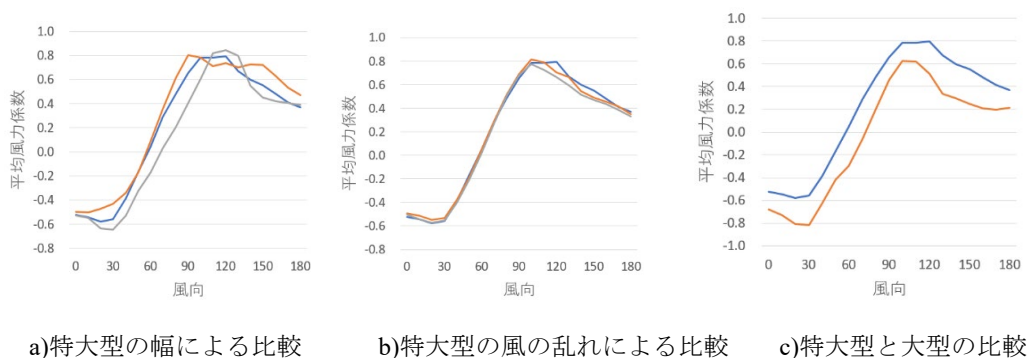


図 7 平均風力係数の風向による変化(CFz の比較)

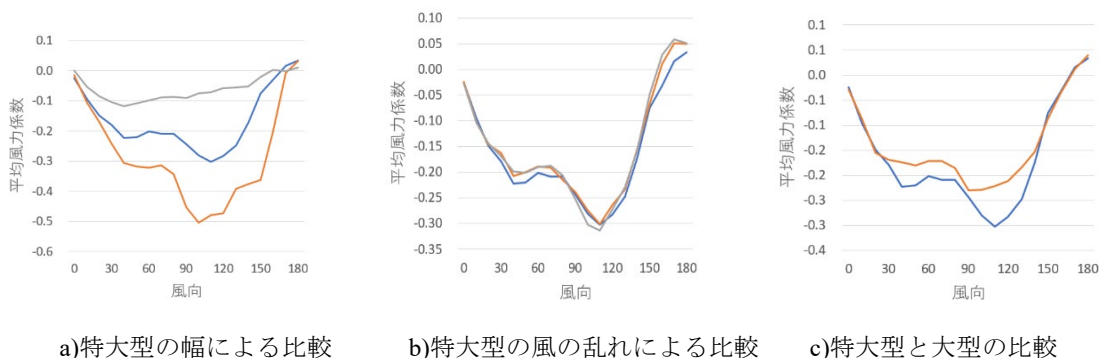


図 8 平均風力係数の風向による変化(CMz の比較)

浮き上がり風速、横滑り風速、転倒風速のそれぞれの式を示す。また、おもりの総重量は 2400N(付加質量 200N×12 個)とした。おもりの位置は遊具側面にそれぞれ同じ重量で取り付けるとする。

浮き上がり風速

$$V \geq \sqrt{\frac{1.67(W+W_1)}{(C_{Fz}BH)}} \quad (2)$$

横滑り風速

$$V \geq \sqrt{\frac{\mu W}{0.6 \sqrt{\{(C_{Fx}BH)^2 + (C_{Fy}BH)^2\}}}} \quad (3)$$

転倒風速

$$V_A \geq \sqrt{\frac{1.67(W+W_1)L_A}{\left(\frac{C_{My}}{C_{Fx}}\right)(C_{Fx}BH)H + L_A(|C_{Fz}|BH)}} \quad (\text{端部 A})$$

$$V_B \geq \sqrt{\frac{1.67(W+W_1)L_B}{\left(\frac{C_{Mx}}{C_{Fy}}\right)(C_{Fx}BH)H+L_A(C_{Fz}BH)}} \quad (\text{端部 B})$$

F_x: x 方向の風力 F_y: y 方向の風力 F_z: z 方向の風力 M_x: x 軸周りの模型基部でのモーメント
M_y: y 軸周りの模型基部でのモーメント M_z: z 軸周りの模型基部でのモーメント B: 幅 H: 高さ
L_A: 端部 A までの距離 L_B: 端部 B までの距離
W: エア遊具の重量 W₁: 付加質量の総重量(2400N)

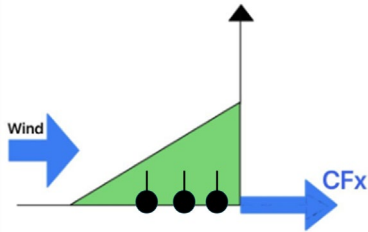
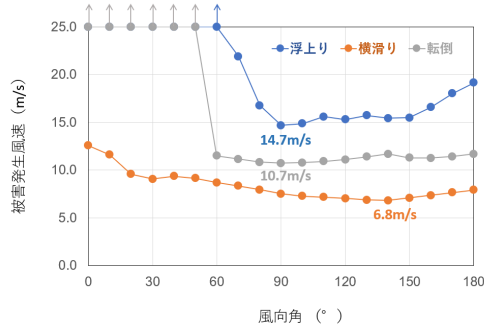


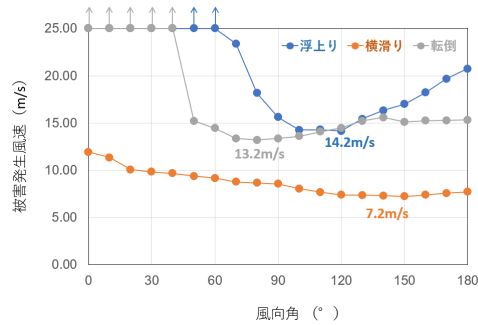
図9 おもりの位置

3.2 被害発生風速の推定

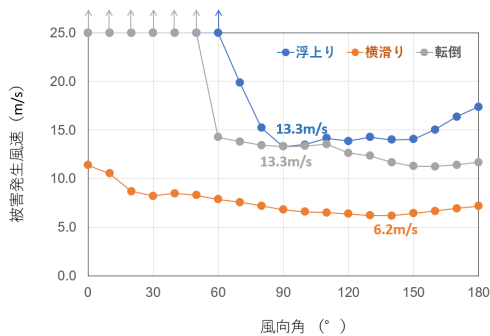
まずそれぞれの大きさの浮き上がり風速、横滑り風速、転倒風速[図 13]についてみていくと、すべての大きさにおいて風速が横滑り風速、転倒風速、浮き上がり風速の順に大きくなっていることが分かる。また、それぞれの被害発生風速[図 10][図 11][図 12]における大きさの違いをみていくと多少の誤差はあるが特大幅狭、特大平均、特大幅広、大平均の順に風速が大きくなることが分かる。次に風向の関係についてみていくと浮き上がり風速は 0° から 120°、横滑り風速は 0° ~60°、120° ~180°、転倒風速は 90° ~120° にかけて風速が小さくなることが分かる。



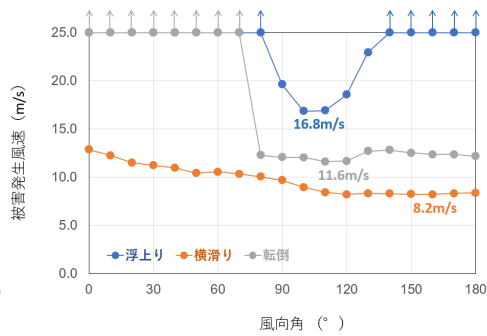
(a)特大型 (幅狭)



(b)特大型 (平均幅)



(c)特大型 (幅広)



(d)大型 (平均幅)

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[その他, 産業財産権, ホームページ等] (計 0 件)

5. 研究組織

(1) 研究代表者

栗橋寿 (日本エア遊具安全普及協会・代表理事)

(2) 研究分担者

吉田昭仁 (東京工芸大学・教授)

澤田由孝 (株式会社トラスト・代表取締役)

加藤政昭 (株式会社 BRAVO・代表取締役)

貝原明弘 (有限会社エール・代表取締役)

西口雅之 (株式会社ワック・取締役副社長)

山中大輔 (有限会社ハビング・取締役)

6. 要約 (Abstract, 英文)

Study on wind speeds cause damage to large slide-type inflatable playground equipment

Hisashi Kurihashi (JIPSA)

In recent years, there has been an increase in the use of large inflatable play equipment (slider type) exceeding 6 meters in height. The inside of inflatable play equipment is filled with air, and as the dimensions of the inflatable play equipment increase, the unit volume weight is likely to decrease. The slider type used when setting JIPSA's wind speed standards was based on a medium-sized slider (4.5m in height), and it is possible that the wind speed standards will need to be changed according to the size in order to cover large inflatable play equipment. Therefore, this study will conduct wind tunnel experiments on slider-type inflatable play equipment in medium and large sizes, as well as cases with wide and narrow slider widths, and examine the wind speeds at which damage occurs in each case. Finally, the study will consider whether or not it is necessary to revise the wind speed standards in JIPSA's 10 Articles of Safe Operation.

