

第 6 回 発光熱の実験コンテスト 「塵旋風発生実験」

東京電機大学 未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科 情報駆動制御研究室
岸野信寛, 中村礼造, 深瀬匠, 藤田優樹, 若槻勇太郎

1 概要

本実験では、熱が原因で生じる塵旋風を人為的に発生させるための実験環境を考え、塵旋風を再現することで、塵旋風の発生メカニズムと環境の変化が塵旋風の発生にどう影響するか観測することを目的とする。塵旋風には、上昇気流と横風が必要である。

始めに、上昇気流を発生させる実験を行う。上昇気流の発生には借用したホットプレートを用いる。その結果、ホットプレートを 200 にし、50mm, 200mm 上でドライアイスミストを発生させることで、上昇気流が発生しドライアイスミストの動きが変化した。

上昇気流が観測できたため、限られた空間を用意するために実験装置を設計・製作する。実験装置は、300×300×300mm の立方体とし、ホットプレートが底面に近づきすぎないように、側面の骨組みを底面から 200mm 伸ばした物を設計・製作した。実験装置完成後、塵旋風の発生に必要な上昇気流が、実験装置において観測できるか実験を行った。実験を行い、上昇気流発生実験において設定した 200 では、微弱な上昇気流しか観測できなかったため、400 に設定後、実験装置の底面とホットプレートとの距離を 35mm まで近づけて実験を行う。その結果、実験装置下部に漂うドライアイスミストが、実験装置上面の穴まで上昇することを観測した。

塵旋風を発生させる実験を行う。この実験では、暖気と冷気の空気の層が必要なため、実験装置を改造した。この改造では実験装置底面と上面を中心に改造し、底面は面の中心しか温まらないようにし、上面はドライアイスにより冷たい空気の層が生じるように改造した。

実験装置の改造後、塵旋風が実験装置内部で発生するか観測する。塵旋風には上昇気流に加えて横風も必要であるため、実験装置の側面部 2 箇所に縦長のスリット穴を開けた。この改造を施した実験装置下部にドライアイスミストを漂わせ、上昇気流発生時に横風を入れたところ、塵旋風を観測することができた。

また、本実験の結果より、塵旋風が自然現象として生じるには、平坦な場所、熱、正反対方向の風が必要であることを考察した。

2 はじめに

近年、突風による被害が日本で見られるようになってきた。突風の一種である塵旋風は一般に大規模な災害などには至らないが、ビニールハウスを損壊させるなど塵旋風による被害が推定される事例が存在する。この塵旋風が熱により発生することに着目し、本稿では塵旋風の発生メカニズムと、環境の変化が塵旋風の発生にどう影響するか観測することを目的として実験を行った。

3 塵旋風とは

突風の一種であり、地表付近の大気の上昇気流が発生した際、これに水平方向の強風が加わることで渦巻状に回転しながら立ち上る現象のことである。一般にはつむじ風と呼ばれる。自然界では主に晴天時に発生する。発生までの流れを以下に示す。

- 太陽光が地面に当たることで地面が暖められる。
- 地面が暖められることにより、上空の空気と温度差が生じ、上昇気流が発生する。
- 上昇気流に水平方向の横風が加わることで、上昇気流は地面に鉛直な軸を回転軸とする回転を行う。
- この回転により地表の風が収束される。

以上が塵旋風の発生メカニズムである。

次に上昇気流が発生するメカニズムの説明図を図1に示す。

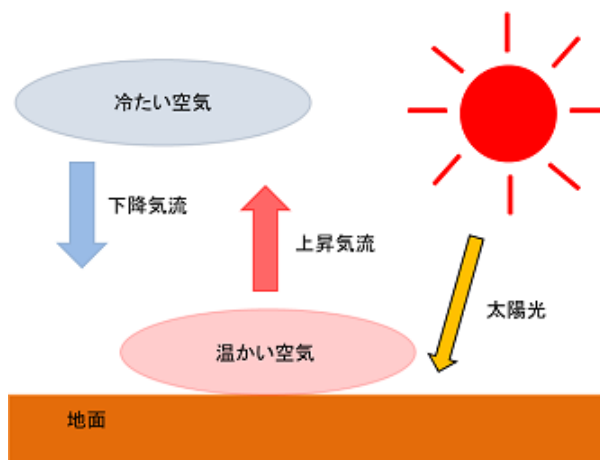


図 1: 上昇気流 発生メカニズム

図1に示したように、地面は太陽の光によって暖められ、空気は暖められた地面によって温度が変化する。上空の空気は温められていないので地表の空気と温度差が生じる。空気の重さは温度によって決まり、温度の高い空気は密度が低く軽いという特徴がある。温度差が生じるということが密度差が生じているということなので、暖められた地表の空気は上昇、上空の空気は下降する。これが上昇気流の発生するメカニズムである [1]。

4 目的

本実験は塵旋風を発生させることで、発生メカニズムについて学び、風量の調節と上昇気流の有無が塵旋風にどのように影響するか観測することを目的とする。

5 使用機器・材料

使用機器を表 1 に示す。

表 1: 使用機器

機器名	型名	製造番号	メーカー
ホットプレート	HHP2515	H8ZA	八光電機
ドライヤー 1	HD-N1246	12716	HITACHI
ドライヤー 2	TID301		TESCOM
風速計	AR816+	00937176	SMART SENSOR

使用材料を表 2 に示す。

表 2: 使用材料

材料名	寸法	数量
ステンレス板	300 × 920mm, 厚さ 0.1mm	2 枚
鉄棒 (枠組み用)	15 × 300mm, 厚さ 1.5mm, 穴径 6mm	16 本
L 字鉄棒 (枠組み用)	横幅 1.5mm 厚さ 0.5mm 穴径 6mm	4 本
L 字鉄棒 (脚用)	横幅 1.5mm 厚さ 0.5mm 穴径 6mm	4 本
なべ小ネジ	M4 × 15mm	20 本
ナット	M4	20 本
ワッシャ		40 個
アクリル板	300 × 300mm	1 枚
暗幕	300 × 300mm	1 枚
養生テープ		1 個
耐熱テープ		3 個

6 実験装置の製作

塵旋風発生実験のための実験装置を製作する過程について記述する。実験装置は実験を行う度に生じる問題を解決するために二回作り変えた。ここでは、最初の実験装置を実験装置 1、実験装置 1 を作り変えたものを実験装置 2、さらに作り変えたものを実験装置 3 とし、それぞれの実験装置の製作手順を記す。

6.1 実験装置 1 の製作

本章では、実験装置 1 の設計・製作について記す。実験装置 1 は、ホットプレートから生じる上昇気流を用いて気流の流れを可視化させるために用いるドライアイスミストを上昇させることを目的として製作した。製作した実験装置 1 を用いた実験では上昇気流を観測することに成功した。以下、実験装置 1 の設計方法について記す。

上昇気流に横風を加えて塵旋風を発生させるためには、上昇気流に横風を加えて発生させた渦を維持するための向心力が必要となる。この向心力は渦の中心を低温にし、その周辺を高温で囲むことで、冷気を挟む高温が互いに引き合うという温度差により生じる現象を用いることで作成することができる。本実験では、低温-高温-低温の温度差の層をドライアイスとホットプレートによって発生させる。高温の気流の周りに低温の層を作るのは、高温の気流と低温の気流が混ざりにくいという性質から、高温の気流の周りをドライアイスミストの低温の層で囲むことで向心力をより強くすることができると思ったからである。これを図 2 に示す。

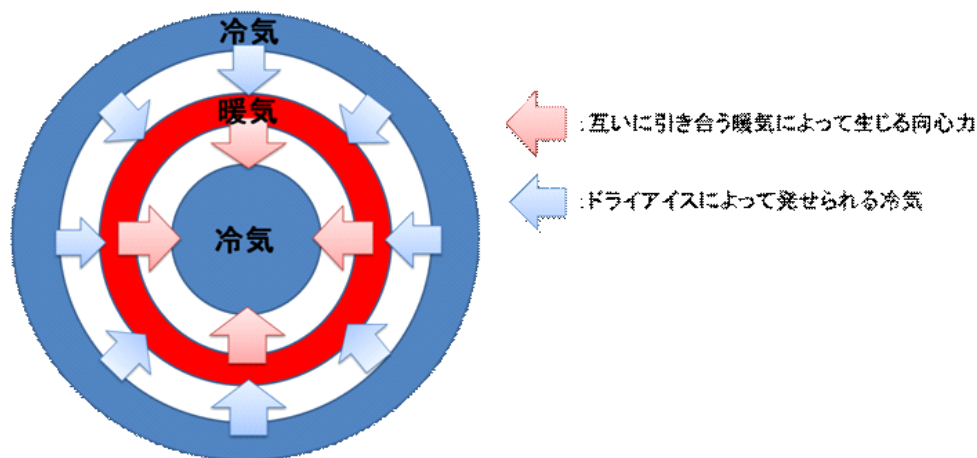


図 2: 低温-高温-低温の温度差によって生じる向心力

実験装置 1 にはホットプレートからの高温な上昇気流を部分的に通すための穴を作り、穴の中心と穴の周辺をドライアイスで囲むことで低温-高温-低温の温度差を生じさせる。また、横風を入れるときに定量的な風量を入れるため外気の影響を受けにくくする必要がある。よって、実験装置 1 を箱型に設計した。ここで、実験装置 1 の設計図を図 3、部品の配置図を図 4 に示す。ただし、寸法の単位は [mm] とする。

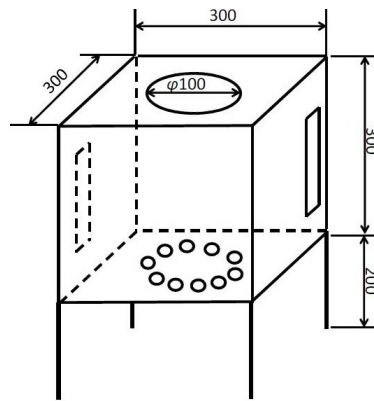


図 3: 実験装置 1 の設計図

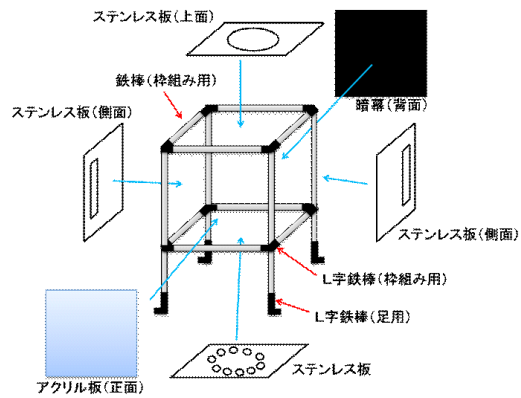


図 4: 実験装置 1 の部品配置図

図 3 , 4 を基に製作した実験装置 1 を図 5 に示す .



図 5: 実験装置 1

図5に示した実験装置1は、外気の影響を受けずホットプレートからの熱のみによって上昇気流が実験装置内で観測できるかを確認するため、横風を通すための穴を空けていない。ドライアイスミストを上昇させる実験を行った結果、実験装置1の中に上昇気流が底面の穴を通りドライアイスミストを上昇させることに成功した。しかし、確認できた上昇気流は微弱であったため塵旋風発生のためにはより多くの上昇気流を発生させる必要があると考えた。

6.2 実験装置2の製作

本章では、実験装置2の製作について記す。実験装置2は、より多くの上昇気流を底面の穴に通すため脚の長さを変えた。実験装置2を用いて実験を行った結果、実験装置上面までドライアイスミストが上昇していることを確認できた。以下、実験装置2の製作について詳しく記す。

実験装置1で上昇気流発生実験を行った結果、実験装置1の内部で観測できた上昇気流は微弱であり、塵旋風発生実験を行うにはドライアイスミストを上昇させる勢いが足りないと考えた。この問題は実験装置の脚を短く改変し、底面とホットプレートとの距離を近づけることでより多くの熱を強く受け、解決できると考えた。実験装置1では、ホットプレートから底面までの距離が85mmあった。そこで、今回は脚の長さを200mmから150mmへと変え、底面からホットプレートまでの距離を35mmとした。実験装置2を用いて再度上昇気流観測実験を行った結果、実験装置上面までドライアイスミストを上昇させることができた。しかし、実験装置底面をホットプレートに近づけ過ぎたことで底面全体が高温となり、向心力のもととなる高温-低温-高温の温度差の層ができなくなってしまう可能性があることが問題として挙げられた。

6.3 実験装置3の製作

本章では、実験装置3の製作について記す。実験装置3では塵旋風発生実験に向け、横風を入れる機構の作成、および低温と高温の気体の性質を利用して上昇気流をより強化するための改変を行った。実験装置3を用いて塵旋風発生実験を行った結果、上昇気流に横風を加えることで塵旋風を発生させることに成功した。以下、実験装置3の製作について詳しく記す。

実験装置2ではホットプレートからの上昇気流によりドライアイスミストを実験装置2の上面まで立ち昇らせることに成功したが、脚の長さを短くし過ぎたため底面全体が高温になり、塵旋風の渦を維持させるのに必要な低温-高温-低温の層ができなくなってしまう可能性が浮上した。そこで、本節では実験装置2に更なる改変を加える。実験装置2の改変は以下の2つが挙げられる。一つ目は、塵旋風を発生させるために横風をおくる穴を製作する。二つ目は、底面の中心部分以外の温度上昇を抑えるために、底面の素材の中心には今まで通りステンレス板を使い、それ以外の部分を段ボールへと変更する。また、この改変によって現在までに観測できている上昇気流が弱くなってしまうことを補うため、低温と高温の気体の性質を利用して実験装置の上面を低温にするためにドライアイス置く機構を作成した。以下、横風をおくる穴の機構および上昇気流強化のための改変について記す。横風を入れるための実験装置側面の穴は実際に横風を入れた際に実験装置内で風が回転し易くするために、左右の面の対角線上に位置するようにした。これを図6に示す。

実験装置を上から見た場合

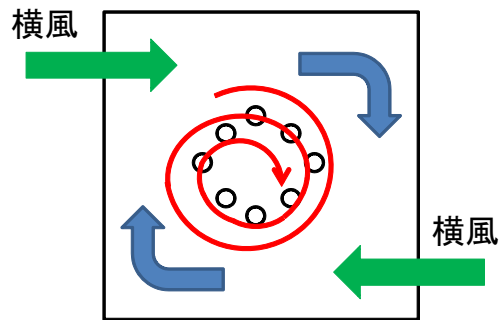


図 6: 横風を入れるための機構

図 6 の機構を再現したものを図 7 に示す .

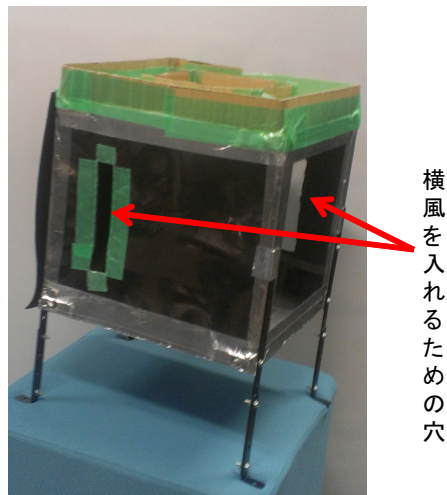


図 7: 横風を入れるための穴

次に、冷温と高温の気体の性質を使用して上昇気流を強化させるために実験装置の上面と底面を新たに製作した。まず、実験装置の底面が原因で問題となっていたのが底面全体が熱せられてしまい上昇気流が底面の中心以外からも発生してしまうことである。さらに、底面全体が熱せられることによって実験装置内全体の温度が上昇してしまっていた。これを解決するために、今まで実験装置底面に用いていたステンレス板を底面の中心のみにし、それ以外の部分を耐熱テープを巻いた段ボールにすることによって底面の中心以外の温度上昇を抑えることを試みた。ここで、実際に作成した底面を図 8 に示す。

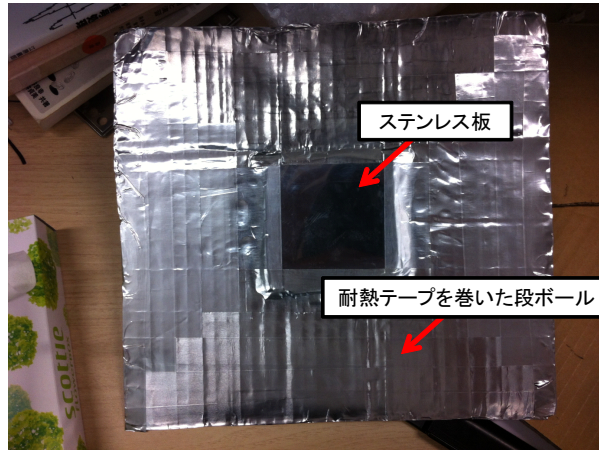


図 8: 改変した底面

実験装置上面には、冷温の気体は下降し高温の気体は上昇するという性質を利用し、実験装置上面の穴の周りにドライアイス置き穴周辺の温度を下げ、中心は上向きの気流、その周りには下向きの気流の流れを作成した。まず、今回の改変によって得られる気流の流れを図 9 に示す。

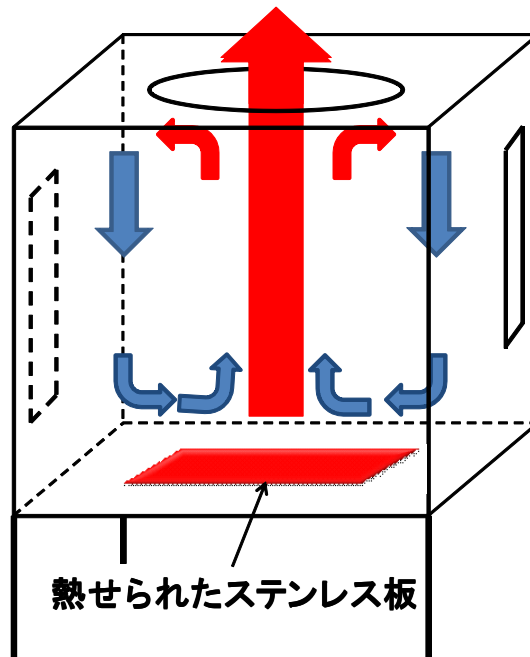


図 9: 気流の流れ

図 9 より、実験装置中心から立ち昇る上昇気流と上面から下へ向かう低温の気体が循環するような機構を考えた。図 9 の機構を実現するために考えたのが実験装置上面の中心は今まで通り穴を空け、それ以外の部分をドライアイスで冷却するというものである。そのために上面にはドライアイスを入れるための柵を製作した。実際に作成したものを図 10 に示す。

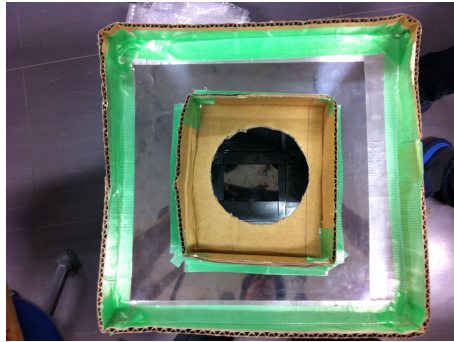


図 10: 実験装置上面

最後に実験装置の全体図を図 11，また本章で示した実験装置 1～3 を用いた実験において得られた結果と問題点を表 3 に示す。

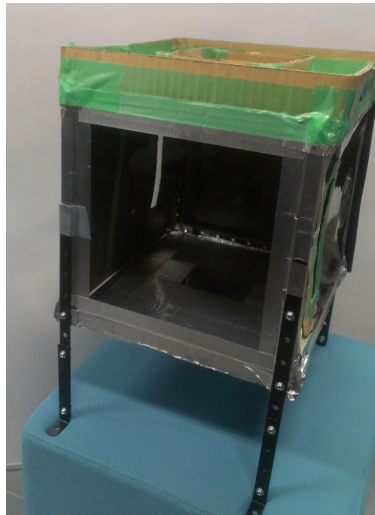


図 11: 実験装置全体

表 3: 各実験装置を用いて行った実験で得られた結果と生じた問題

実験装置	改善点	実験結果	問題点
実験装置 1		微弱な上昇気流の観測に成功	観測できる上昇気流が弱い
実験装置 2	脚の長さを 200mm から 150mm へ変更	上昇気流により実験装置上面までドライアイスミストが立ち昇らせることに成功	底面全体が高温となり低温-高温-低温の温度差が生じなくなってしまう
実験装置	横風を入れる穴の製作 低温と高温の気体の性質 使用して上昇気流を強化	塵旋風を発生させることに成功	

7 上昇気流発生実験

7.1 実験内容

本節ではドライアイスを用いてホットプレートの熱による上昇気流の有無を調べる。図5に示した実験装置1を使用しない場合、使用した場合でホットプレートからの高さやホットプレートの温度を変えて複数回実験を行う。各実験の実験環境を表4に示す。

表 4: 各実験環境

実験装置の有無	ホットプレートからの高さ [mm]	ホットプレートの温度 []
無し	200	200
無し	50	200
有り	200	200
有り	100	200
有り	200	400
有り	35	400

7.2 実験手順

実験装置を使用しない場合

1. ホットプレートの温度を 200 に設定する。
2. ホットプレートから高さ 200mm の位置でお椀にドライアイスとお湯を入れドライアイスミストを発生させる。
3. お椀を傾けて、ドライアイスミストをホットプレート上に降下させ上昇気流の確認を行う。
4. ホットプレートからの高さを 50mm に変更し、手順2と同様にドライアイスミストによって上昇気流の確認を行う。

実験装置を使用する場合

1. ホットプレートの温度を 200 に設定する。
2. 実験装置の底面がホットプレートから高さ 200mm になるように設置する。
3. お椀にドライアイスとお湯を入れ、実験装置内でドライアイスミストを発生させる。
4. ドライアイスミストの動きから、上昇気流の確認を行う。
5. 手順1~4を表4に示したホットプレートからの高さとし、ホットプレートの温度に変更し行う。

7.3 実験結果

各実験環境ごとに実験した結果を表 5 に示す。

表 5: 実験結果

実験装置の有無	高さ [mm]	温度 []	実験結果
無し	200	200	ドライアイスミストの一部が上昇した。
無し	50	200	ドライアイスミストが横方向に渦巻いた。
有り	200	200	ドライアイスミストの動きは変化しなかった。
有り	100	200	実験装置内でドライアイスミストの一部が上昇した。
有り	200	400	実験装置内でドライアイスミストが上昇した。
有り	35	400	実験装置上部穴からドライアイスミストが上昇した。

表 5 からホットプレートからの高さが近く、ホットプレートの温度が高いとドライアイスミストが上昇しやすいことがわかる。ドライアイスミストが上昇した実験環境においては上昇気流が確認できた。また、各実験環境での結果の詳細を以下に述べる。

7.3.1 実験装置無しの場合の実験結果

本節では表 5 の 2 行目、3 行目について述べる。実験装置を用いず、ドライアイスミストをホットプレートから高さ 200mm の位置で発生させた結果、ドライアイスミストの一部が上昇していることを確認した。このときの実験結果を図 12 に示す。

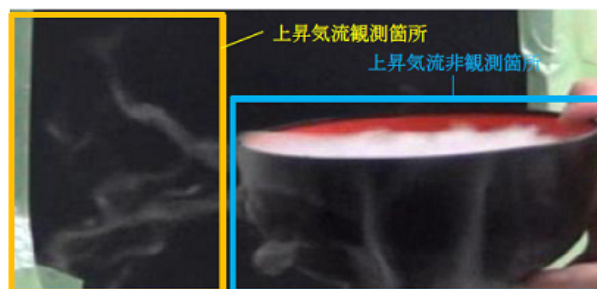


図 12: 上昇気流確認

図 12 より、図 12 の黄色枠で囲んだ部分で一部のドライアイスミストが上昇していることがわかる。次にドライアイスミストの発生位置をホットプレートから高さ 50mm にした場合、下降するドライアイスミストはホットプレートにぶつかり、横方向への流れに変化した。この横方向の流れが竜巻のように渦を巻いて流れていることが確認できた。このときの空気の流れの概略を図 13 に示す。

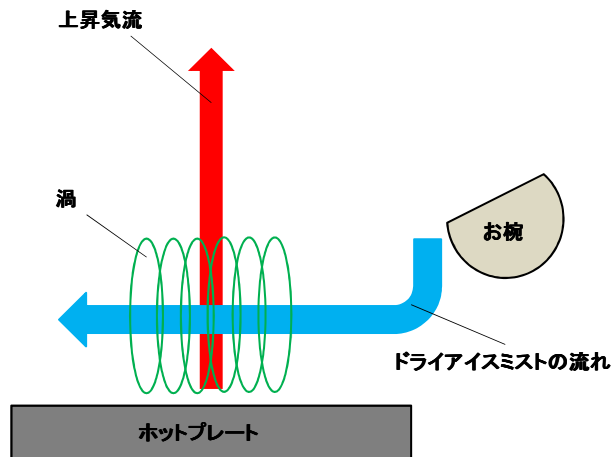


図 13: 渦発生時の各空気の流れ概略

図 13 の赤矢印はホットプレートからの上昇気流であり，青矢印はドライアイスミストの流れを表している．緑線は観測したドライアイスミストの渦を表している．ドライアイスミストによる横方向の流れにホットプレートからの上昇気流が加わったため渦が発生したと考える．渦が実際の竜巻のように縦方向ではなく，横方向に発生したのはドライアイスミストによる横方向への流れの方が，上昇気流による縦方向への流れより強かったためと考える．

7.3.2 実験装置を使用し，ホットプレートの温度を 200 に設定したときの実験結果

本節では表 5 の 4 行目，5 行目について述べる．

実験装置を用いて，ホットプレートの温度を 200 に設定し，実験装置の底面がホットプレートから高さ 200mm の位置でドライアイスミストを発生させた場合では，実験装置内のドライアイスミストに上昇の動きがなく，上昇気流を確認することができなかった．

実験装置の底面がホットプレートから高さ 100mm の位置でドライアイスミストを発生させた場合，実験装置内で上昇気流の発生を確認することができた．しかし，実験装置内で上昇したドライアイスミストは一部であり，また実験装置上部の穴からドライアイスミストが出ておらず，実験装置を通過するほどの上昇気流は発生していないと考える．

7.3.3 実験装置を使用し，ホットプレートの温度を 400 に設定したときの実験結果

本節では表 5 の 6 行目，7 行目について述べる．実験装置を用いて，ホットプレートの温度を 400 に設定し，実験装置の底面がホットプレートから高さ 200mm の位置でドライアイスミストを発生させた場合，実験装置内でホットプレートの温度を 200 に設定したときよりも多くのドライアイスミストが上昇していることを確認することができた．しかし，実験装置上部穴からの上昇気流は確認することができなかった．

実験装置の底面がホットプレートからの高さ 35mm の位置でドライアイスミストを発生させた場合，実験装置内で上昇するドライアイスミストを確認できたのと同時に，実験装置上部穴からもドライアイスミストが上昇する様子が確認できた．このときのドライアイスミストが上昇の様子を図 14 に示す．



図 14: 実験装置上部の上昇気流観測図

図 14 の赤線で囲まれている部分においてドライアイスミストが上昇していることがわかる。よって上昇気流が実験装置を通過する程度発生していると言える。

以上の結果から、ホットプレートの熱で上昇気流が発生することが確認できた。実験環境を変更し複数実験することで、実験装置を使用した場合、実験装置の底面がホットプレートから高さ 35mm、ホットプレートの温度が 400 であれば実験装置を通過する上昇気流が発生することが確認できた。

8 横風による塵旋風発生実験

今までの実験では、ホットプレートを用いた上昇気流の確認は行ったが、上昇気流にたいして横風を取り入れた実験を行っていない。したがって、上昇気流に対して横風を当てることで塵旋風が発生する事を確認する。

実験した結果、熱による上昇気流がない場合、実験装置の構造的理由により一時的には塵旋風が発生するが、横風を与え続けても回転が継続しない。また、熱による上昇気流を与えた場合、横風を与えると継続して塵旋風が発生した。その際、横風の風速が早いほど塵旋風の回転半径が小さくなり、風速が遅いほど回転半径が大きくなる事を確認した。

8.1 実験環境

実験は室内で行う。また実験は6章の図11に示す実験装置3の中にドライアイスを入れ、ドライアイスミストを発生させた。ドライアイスミストを発生させる方法として、図15のようなアルミホイールで製作したケース内にドライアイスを入れ、その中にお湯を入れる事でドライアイスミストを発生させる。

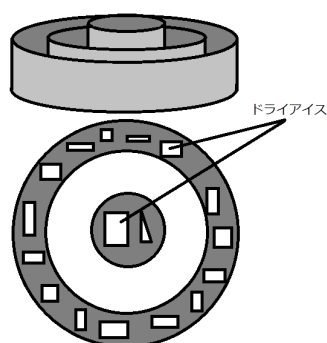


図 15: ドライアイスを入れるケース

横風はドライヤーを用いて発生させた。ドライヤーは2台使用し、それぞれドライヤー1, ドライヤー2とする。また、各ドライヤーと箱の距離は L_1 , L_2 とし、風速は x_1 , x_2 とする。これらの関係を示した図を図16に示す。また、使用する変数を表6に示す。

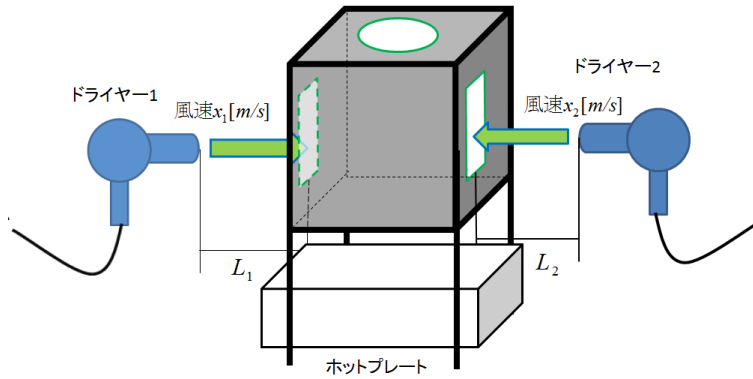


図 16: 実験環境図

表 6: 変数表

変数	種類
L_1	ドライヤー 1 と実験装置までの距離 [mm]
L_2	ドライヤー 2 と実験装置までの距離 [mm]
x_1	実験装置側近で計測したドライヤー 1 から風速 [m/s]
x_2	実験装置側近で計測したドライヤー 2 から風速 [m/s]

実験は 4 回行った。1, 2 回目は熱による上昇気流が塵旋風に影響を及ぼすことを確認するため、実験装置の下のホットプレートから熱を出した時と出していない時の実験を行った。この時、 L_1 は 100mm、 L_2 は 170mm とした。 L_1, L_2 の値が異なる理由として、ドライヤーは違う機種を使用したため、箱側面の穴の風速が一致する距離になるよう、上記のような値となった。風速は、共に 7.6m/s である。さらに、ホットプレートから熱を出す際、ホットプレートの温度は 400 とした。

3 回目の実験では、横風の強さよる上昇気流の違いを観測するため、 L_1, L_2 を変えて実験を行った。実験では、 L_1, L_2 はそれぞれ 200mm、340mm とした。また、風速 x_1, x_2 は 4.6m/s とした。4 回目の実験では、ドライヤーの距離を徐々に変更して、横風が塵旋風に如何に影響するかを確認する。実験では、はじめにドライヤーを箱の横穴に直接付け、風を送った。その後、ドライヤーを箱から徐々に離していく。また、上記に示した実験条件をまとめた表を表 7 に示す。

表 7: 実験条件

実験回数	L_1 [mm]	L_2 [mm]	x_1 [m/s]	x_2 [m/s]	ホットプレート
1 回目	100	170	7.6	7.6	無し
2 回目	100	170	7.6	7.6	有り
3 回目	200	340	4.6	4.6	有り
4 回目					有り

8.2 実験手順

以下に実験の手順を示す。

1. 箱の下にホットプレートを設置する。この際、熱は発生させない。
2. 箱の中にドライアイスを入れ、お湯をかけ、ドライアイスミストを発生させる。
3. ドライヤーから風を送り、ドライアイスミストの動きを観測する。
4. ドライアイスを取り除き、ホットプレートの設定温度を 400 にする。
5. ドライアイスを入れた箱に湯をかけ、ドライアイスミストを発生させる。
6. ドライヤーから風を送り、ドライアイスミストの動きを観測する。
7. ドライヤーの距離を変更した際の、ドライアイスミストの動きを観測する。
8. ドライヤーを箱から徐々に離れた際のドライアイスミストの動きを観測する。

8.3 結果

表 7 のように実験した際の結果を以下に示す。

8.3.1 1 回目

熱による上昇気流がない場合、塵旋風は発生するが継続しにくい。例えば、図 17 のように煙が拡散する場面が見られる。熱による上昇気流がない場合に塵旋風が発生する原因として、横から風を入れたため箱の上面の穴から風が抜け、その際に熱以外が発生原因の上昇気流により塵旋風が起こる。しかし、この上昇気流は実験装置の底面から鉛直上方向に出ているわけではない。そのため、上昇気流がぶれることにより、塵旋風が拡散する現象が考えられる。実験中の動画を「実験結果 1.wmv」に示す。



図 17: 塵旋風が拡散している場面

8.3.2 2回目

熱による上昇気流が発生した場合、塵旋風が継続して発生した。図 18 に塵旋風が発生した際の図を示す。



図 18: 塵旋風が発生している図

塵旋風が発生した理由は、熱による上昇気流とドライアイスの冷気によって図 9 に示したような空気の流れが発生し、向心力が発生したからである。これにより、継続した塵旋風を発生させることが出来た。実験中の動画を「実験結果 2.wmv」に示す。

8.3.3 3回目

箱とドライヤーの距離を変更しても塵旋風が発生した。しかし、横風の風速が遅いため、向心力が弱く、塵旋風の回転半径が大きかった。2回目の実験では、向心力が強いため、より中心に向かって塵旋風が集まる。しかし、横風の風速が遅いと、向心力が弱くなり、塵旋風が中心から広い範囲で発生する。図 19 に塵旋風が発生した際の図を示す。また、実験中の動画を「実験結果 3.wmv」に示す。



図 19: L_1, L_2 大きくして塵旋風が発生している図

8.3.4 4回目

実験4でドライバーと箱の距離を長くしていった際、塵旋風の回転半径が広がっていった事が確認できた。そのため、8.3.3節の考えが正しいと証明できる。実験中の動画を「実験結果 4.wmv」に示す。

8.4 結果

本実験では、熱による上昇気流に横風を当てると、安定した塵旋風が発生した事を確認した。また、比較のため、熱による上昇気流がない状態で横風を実験器具に流した際は塵旋風が継続しないことを確認した。

さらに、横風の風速が早ければ実験装置内の向心力が増加し、塵旋風の回転半径が小さくなり、横風の風速が遅ければ、塵旋風の回転半径が大きくなることを確認した。

9 考察

今回実験を行った環境は、外乱を減らすために、箱の内部で塵旋風を発生させている。しかし、実際の塵旋風は自然環境において発生する。したがって、塵旋風を人為的に自然環境で発生させる条件はどのようなものか考える。

学校などのグラウンドで発生させる場合を考える。グラウンドの場合は、太陽光によって地面の砂が暖められ、その熱が上昇気流を発生させる。発生した上昇気流に横からの風があたることで塵旋風が発生する。上昇気流は地面が平坦でない場合を除いて、地面から垂直方向上向き発生する。一方、横風は特殊な場合を想定しなければならない。今回の実験においては風向きが正反対の2つの風によって、空気に回転運動をさせていた。これによって塵旋風が発生したと考えられる。よって条件は以下のとおりである。

- 平坦な場所 (グラウンドなど)
- 上昇気流の発生に必要な熱
- 向きが正反対の2つの横風

ただし「向きが正反対の2つの横風」という条件は、箱を用いたとき、空気に回転運動をさせるための必要条件である。そのため、自然環境の中では異なる可能性がある。また、自然環境の中にあるため、外乱の存在を考慮しなくてはならない。実験では外乱と捉えていた風が、塵旋風発生メカニズムの一つである可能性を考慮すべきである。

10 まとめ

塵旋風を発生させるための実験を行った。

ホットプレートを用いた実験を行った。それにより上昇気流を観測した。また、ホットプレートの温度が高い場合と、箱とホットプレートの距離が近い場合で上昇気流が強く発生したことを確認した。

発生した上昇気流にドライヤーで横風を加える実験を行った。ホットプレートを用いた上昇気流がない場合、ドライヤーの風による不安定な上昇気流が発生し塵旋風が安定しない。逆に熱による上昇気流を発生させた場合は塵旋風が安定して発生した。また、ドライヤーと箱間の距離を大きくした際、塵旋風の幅が広がっていたことが確認できた。これにより、横風の強さによって発生する塵旋風の幅が変化することがわかった。

塵旋風を自然環境で発生させる条件はどのようなものかを考察した。学校などのグラウンドで発生させる場合、太陽光によって地面の砂が暖められ、その熱が上昇気流を発生させる。そこに、空気を回転運動をさせる横風が必要だと考えられる。また、自然環境の中にあるため、外乱の存在を考慮しなくてはならない。実験では外乱と捉えていた風が、塵旋風発生メカニズムの一つである可能性を考慮すべきである。

今回の実験では、ホットプレートとドライヤーを使い塵旋風を発生させることで発生メカニズムを学び、ドライヤーの風量の調節によって塵旋風への影響を観測することが出来た。

11 謝辞

本実験は株式会社八光電機製作所熱のコンテストにおいて助成を賜りました。また、このような貴重な場を設けていただき、ここに深甚なる謝意を表します。本実験を行うにあたり、多大なご助力を与えて下さった本学の先生方、研究室員に対し深く感謝を申し上げます。

参考文献

[1] 吉野正敏, 浅井富雄: “ 気候学・気象学辞典 ”, 二宮書店, pp.249, 1985