

2021年台風16号が八丈島の小屋を壊した理由：模型を使った実験による地形と風速の変化の関係

八丈サイエンスクラブ

児童

指導者

株式会社サイエンスマスター

八丈サイエンスクラブ

石田裕幸

緒言

八丈島は、東京から南に 290 km 離れた伊豆諸島に属する島である。八丈島は、ときどき台風が上陸し、多くの場合、その勢力は強い。1975 年 10 月 5 日午後 4 時に八丈島を直撃した台風 13 号は、瞬間最大風速 67.8 m/s を記録した。家屋の損壊 2,403 棟、農業施設、商工被害など、被害は 55 億円を超えた（参考文献 1）。

2021 年 10 月 1 日、台風 16 号が八丈島を直撃し、ある小屋が半壊した。午後 0:24 に、神港つり具店 八丈島 @kaminato_ は、X (旧 Twitter) にその状況の動画を投稿した（図 1A）。投稿者は、小屋の向かいの神港つり具店にいた。神港つり具店の被害はテラスのみ壊れた（参考文献 2）。

半壊した小屋と神港つり具店は 40.0 m 離れている。小屋は、道路を挟んで神湊漁港に面しており、神港つり具店は、コンクリートで覆われた部分円柱壁の中にあった（図 1B）。

八丈島には色々な地形の崖や斜面が多い。地形は硬いので、地形に当たった風の勢いは弱まると予想される。小屋と神港つり具店の被害は大きく異なった。その原因は、両者が建てられた地形の差が関わっていると仮説を立てた。そこで、色々な地形の模型を作製し、壁に一定速度の風を与え、風向を変えて、風速の変化を測定した。得られた結果から、被害の差の原因を考察した。

材料と方法

1. 情報収集

2021年10月1日に台風16号は八丈島を直撃した。被害情報はX（旧Twitter）（X Corp.、サンフランシスコ、CA、アメリカ合衆国）から収集した。壊れた小屋の場所や研究に関連する地形はGoogleマップ（Google LLC、マウンテンビュー、CA、アメリカ合衆国）で調べた。

2. 風速の測定

実験室の室温と湿度は、TP-49（ThermoPro、中国）で測定した。室温は15.0-29.5°C、湿度は48-77% R. H.。風は扇風機（サーキュレーター 型番: DKS-2W、株式会社電響社、大阪、日本）で発生させた。風の強さは弱に設定した。風速は熱線式風速計（testo 405i、株式会社テストー、横浜、日本）で、模型の水平面と垂直面あるいは斜面のつなぎ目から1 cm離れたところで測定した。測定結果はiOSアプリのtesto Smart（株式会社テストー）で記録した。1実験区10点測定し、平均は村井が計算し、標準偏差とt検定はマイクロソフトExcel（マイクロソフト、レッドモンド、CA、アメリカ合衆国）で講師石田が計算した。

3. 風速を測るための実験台の作製

予備実験の結果、使用した扇風機に対して、実験机から9.5 cmの高さが一番速い風速だった（参考図1A-B）。再現性の高い結果を得るために、実験台を自作した。各パーツは、ガムテープ（ニチバン株式会社、東京、日本）あるいはセロファンテープ（ニチバン株式会社）で付けた。まな板（桐まな板 タテ36 × ヨコ22 × 厚さ1.2 cm、株式会社オカザキ、海南、日本）にプラスチック製の2つの箱（シェリーコンテナ 653 品番:4653、イノマタ化学株式会社、堺、日本）をつけた。扇風機、壁の模型、熱線式風速計を再現性よく配置するため、方眼の付いた工作用紙をまな板に付けた（参考図2A-C）。

4. 壁の模型の作製

各パーツは、セロファンテープ（ニチバン株式会社）で付けた。工作用紙で縦9.0 cm × 横13.0 cmと縦3.0 cm × 横13.0 cmの板を用意した。両者の横13.0 cmの部分同士で連結した。壁の角度が90°以外のものは、板を支えるために60°、45°、30°の三

角形の板をそれぞれ用意し、前者の両側に付けた。壁の模型を支えるために、プラスチック製のブロックに付けた。

5. 部分円柱壁の作製

工作用紙で縦 9.0 cm × 横 5.5 cm を 6 枚と縦 3.0 cm × 横 11.0 cm、縦 3.0 cm × 横 13.0 cm、縦 3.0 cm × 横 15.0 cm の板を用意した。

トイレットペーパーの芯を紙の上に乗せて、円周をなぞった。描かれた擬似円に任意の 2 点をうち、それぞれを中心とし、コンパスで弧を描いた。弧の 2 つ交点を直線で結んだ。得られた直径は 4.2 cm、半径は 2.1 cm となった。これを基に、半径 2.1 cm の円を工作用紙に描いた。作図された円に直径を描き、円周との交点を中心としてコンパスで 2.1 cm の交点を円周上に新たに描き、内角 180°、120°、60° の扇形を作図した。上記を基に、トイレットペーパーの芯の円周に印をつけ、定規で線を結び、ハサミで切った（参考図 3）。

各パーツは上記と同様に組み立てた。

結果

1. 風の実験台の作製

風の実験をするために扇風機を実験机の上に置いた。風速は弱に設定した。扇風機からの距離や実験机からの高さによって、風速が変わった。再現性の高い実験をするために、扇風機からの距離を 0.0 cm とし、風を測る高さで風速の関係を調べた（参考図 1A）。

高さ 0.0 cm のとき風速 0.0 m/s、5.5 cm のとき 2.0 m/s、7.5 cm のとき 2.9 m/s、9.5 cm のとき 3.6 m/s、10.5 cm のとき 3.2 m/s だった。9.5 cm のとき 3.6 m/s で風速が最も速かった（参考図 1B）。この結果を基に、高さ 9.5 cm の実験台を作製した（参考図 2A-C）。

2. 再現性の高い実験するための実験台上の場所の決定

風速は、実験台上の測定場所によって異なった。再現性の高い測定場所を決定するために、扇風機の中心点を 0.0 cm とし、扇風機から 5.0 cm-30.0 cm 離れた地点で、風速を測定した。また、扇風機に向かって、中心点から右に 5.0 cm、左に 5.0 cm ずれた地点も同様に測定した（参考図 4A）。

中心点で、扇風機から 0.0 cm のとき風速が 4.8 m/s、5.0 cm で 3.4 m/s まで下がった。5.0 cm から 20.0 cm まで風速が 3.4 m/s から 3.0 m/s まで緩やかに下がった。20.0 cm から 30.0 cm まで 3.0 m/s から 2.1 m/s まで直線的に下がった。

中心点から右に 5.0 cm ずれた地点で、0.0 cm から 15.0 cm まで風速が 3.9 m/s から 1.7 m/s まで曲線的に下がった。15.0 cm から 30.0 cm まで風速が 2.1-2.0 m/s とほぼ同じだった。

中心点から左に 5.0 cm ずれた地点で、0.0 cm から 15.0 cm まで風速が 3.4 m/s から 2.1 m/s まで直線的に下がった。15.0 cm から 30.0 cm まで風速が 2.1-2.0 m/s とほぼ同じだった。t 検定の結果、風速は中心と左 5.0 cm の 15.0 cm と 20.0 cm 地点の風速に有意差なしだった（参考図 4B）。

以上から、実験する場所は、中心から左 5.0 cm までの扇風機から 15.0 cm から 20.0 cm の範囲とした。

3. 平らな地形に風が当たったときの風速の変化

八丈島には崖や斜面が多い。たとえば、洞輪沢の急な崖や底土のなだらかな斜面

があげられる (図 2A-B)。しかし、八丈島の色々な地形に風が当たったときの風速の変化は、明らかになっていない。そこで、90°、60°、45°、30°の壁の平らな模型 (図 3A-D) を作製して、それぞれの壁に対する風向と風速の変化を測定した。

洞輪沢に似せた 90°の壁の模型に対して風を 0°、30°、45°、60°、90°で当てると、風速はそれぞれ 3.1 m/s、2.9 m/s とゆるやかに減少し、1.9 m/s、0.8 m/s と急に減少し、そして、0.6 m/s とゆるやかに減少した。60°の壁の模型に対する風速の変化は、90°の壁の模型の結果と似ていた。

一方、底土に似せた 30°の壁の模型に対して風を 0°、30°、45°、60°、90°で当てると、風速はそれぞれ 3.0 m/s、2.9 m/s、2.7 m/s、2.6 m/s、2.1 m/s とゆるやかに減少した。45°の壁の模型に対する風速の変化は、30°の壁の模型の結果と似ていた (図 3E)。

4. 部分円柱壁の地形に風が当たったときの風速の変化

2021 年 10 月 1 日の台風 16 号の強風で神港つり具店から 40.0 m 離れた向かいの小屋が半壊した。一方、神港つり具店はテラスのみ壊れた (図 1A)。小屋は神湊漁港に面しており、障壁のない場所に立っていた。神港つり具店は部分円柱壁の半円の中に立っていた (図 1B)。

神港つり具店の被害が小さかったのは、お店の裏にある部分円柱壁に、風速を減速させる効果があると仮定した。風が平らな壁に対して風向が 60°と 90°からきたとき、90°と 60°の平らな壁に対する風速は同じだった (図 3E)。そこで、壁の角度は 90°とし、壁の中心に内角 60°、120°、180°の部分円柱壁がある模型を作製して (図 4A-C)、風速の変化を測定した。

部分円柱壁内角 60°の模型に対して風を 0°、30°、45°、60°、90°で当てると、風速はそれぞれ 0.6 m/s、1.7 m/s に上昇し、1.7 m/s を維持した。その後は 0.2 m/s、0.3 m/s と減少した。

部分円柱壁内角 120°の模型に対して風を 0°、30°、45°、60°、90°で当てると、風速はそれぞれ 0.4m/s、0.6 m/s、0.5 m/s だった。その後は部分円柱壁内角 60°の結果と同じだった。

部分円柱壁内角 180°の模型に対して風を 0°、30°、45°、60°、90°で当てると、風速はそれぞれ 0.8m/s、0.9 m/s、0.9 m/s だった。3 点は有意差なし。その後は部分円柱壁内角 60°の結果と同じだった (図 4D)。

3 種類の模型の中では、部分円柱壁内角 120°の模型が最も風速が弱くなることが明らかとなった。

考察

八丈島には崖や斜面が多い。たとえば、洞輪沢の急な崖や底土のなだらかな斜面があげられる（図 2A-B）。しかし、八丈島の色々な地形に風が当たったときの風速の変化は、明らかになっていない。

90°、60°、45°、30°の平らな壁の模型を作製して、それぞれの壁に対する風向と風速の変化を測定した。風が壁に対して 60°と 90°の角度からきたとき、面白いことに、90°と 60°の壁に対する風速は同じになった。この現象は、45°と 30°の壁にも認められた。そして、90°と 60°の壁に対する風速は、45°と 30°の壁に対する風速の 1/3 になることが明らかとなった（図 5A-D）。

崖のある洞輪沢（特に港の近くの場所）では、斜面の底土より、風による被害が少なくなることが考えられた。八丈町立図書館ではこの予想に直接関連する文献は見つからなかったが、洞輪沢港があることから、港ができた一因かもしれない。

2021 年 10 月 1 日の台風 16 号の強風で神港つり具店の向かいの小屋が半壊した。半壊した小屋から 40.0 m 離れた神港つり具店はテラスのみ壊れた（図 1A）。小屋は神湊漁港に面しており、障壁のない場所に立っていた。神港つり具店は部分円柱壁（内角 120°）の中に立っていた（図 1B）。

部分円柱壁内角 60°、120°、180°の模型を作製して、それぞれの壁に対する風向と風速の変化を測定した。壁に対して 30°で風を与え、内角 60°の部分円柱壁の風速を 1 とすると、内角 180°の部分円柱壁では風速は 1/2、内角 120°の部分円柱壁では風速は 1/3 であった。

壁がない場合の風速は 3 m/s。その場合、部分円柱壁内角 60°の風速は 1/2、部分円柱壁内角 180°では風速は 1/3、部分円柱壁内角 120°では風速は 1/5 であった（図 4D、図 6）。

以上から、実験の中では、部分円柱壁内角 120°の模型が最も風速が弱くなることが分かった。神港つり具店は部分円柱壁の中心にあり、その内角は 120°。両者の壁の構造は一致していた。

神港つり具店の方に当時の様子をインタビューしたところ、「風は北風だった。」。神港つり具店の方は、X（旧 Twitter）に 2021 年 10 月 1 日午後 0:24 に投稿した。気象庁の発表（八丈島（東京都））では、「午後 0:00-午後 1:00 の風は、風向は北、北北西、北西、風速は 29.0 m/s-41.0 m/s」だった（参考文献 3）。防災システム研究所によると、「風速 30 m/s で、屋根が飛ばされることがある。しっかりしていない家が倒れる。」と記載されている（参考文献 4）。

仮に、障壁のない小屋が 30 m/s の北風によって半壊したとする。神港つり具店は、内角 120°の部分円柱壁の中にあるため、風速は元の風速の 1/5 の 6 m/s となる。その

ため、神港つり具店は、半壊をまぬがれ、テラスのみ壊れたと考えられる。

八丈島は、ときどき勢力が強い台風が上陸する。1975年10月5日午後4時に八丈島を直撃した台風13号は、瞬間最大風速67.8 m/sを記録し、55億円の家屋の損壊、農業施設、商工被害などの被害があった（参考文献1）。

今回の研究では、2021年10月1日、台風16号が八丈島を直撃し、神港つり具店八丈島 @kaminato_からのX（旧Twitter）の動画投稿をきっかけに、底土、洞輪沢、そして、神湊の地形に注目し、地形と風向と風速の関係を解析した。特に、神港つり具店の半壊をまぬがれた理由を明らかにした。今後、八丈島の他の場所における地形と風の間関係を明らかにしたい。

謝辞

研究にあたり、神港つり具店 八丈島（X: @kaminato_）様には、研究のきっかけとなるXの2021年10月1日の台風16号に関連する投稿の引用の承諾と当時の貴重な様子をコメントしていただきました。ありがとうございました。また、研究のために理科室を貸していただいた、八丈町立大賀郷小学校に感謝いたします。

参考文献

1. 八丈島：台風 13 号災害の記録。台風 13 号の記録編集委員会。八丈町役場 1977.1。
2. 神港つり具店 八丈島 @kaminato_の X (旧 Twitter) の投稿
(https://twitter.com/kaminato_/status/1443778910076899356)。
3. 気象庁
(https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/10min_s1.php?prec_no=44&block_no=47678&year=2021&month=10&day=1&view=)。
4. 防災システム研究所 (<https://www.bo-sai.co.jp/index.html>)。

A



神港つり具 八丈島
@kaminato_

風向き変わり暴風凄い
うちのテラスと向かいの屋根やられた模様。
#八丈島 #台風16号



午後0:24 · 2021年10月1日

234 件のリツイート 12 件の引用ツイート 454 件のいいね



図1. 2021年10月1日の台風16号で壊れた建物とその場所。A、午後0:24にX（旧Twitter）（神港つり具店 八丈島 @kaminato_）に投稿された神港つり具店の向かいの建物が壊れている様子。B、Googleマップにおける半壊した小屋（白丸）と神港つり具店の場所（白四角）とその地形。

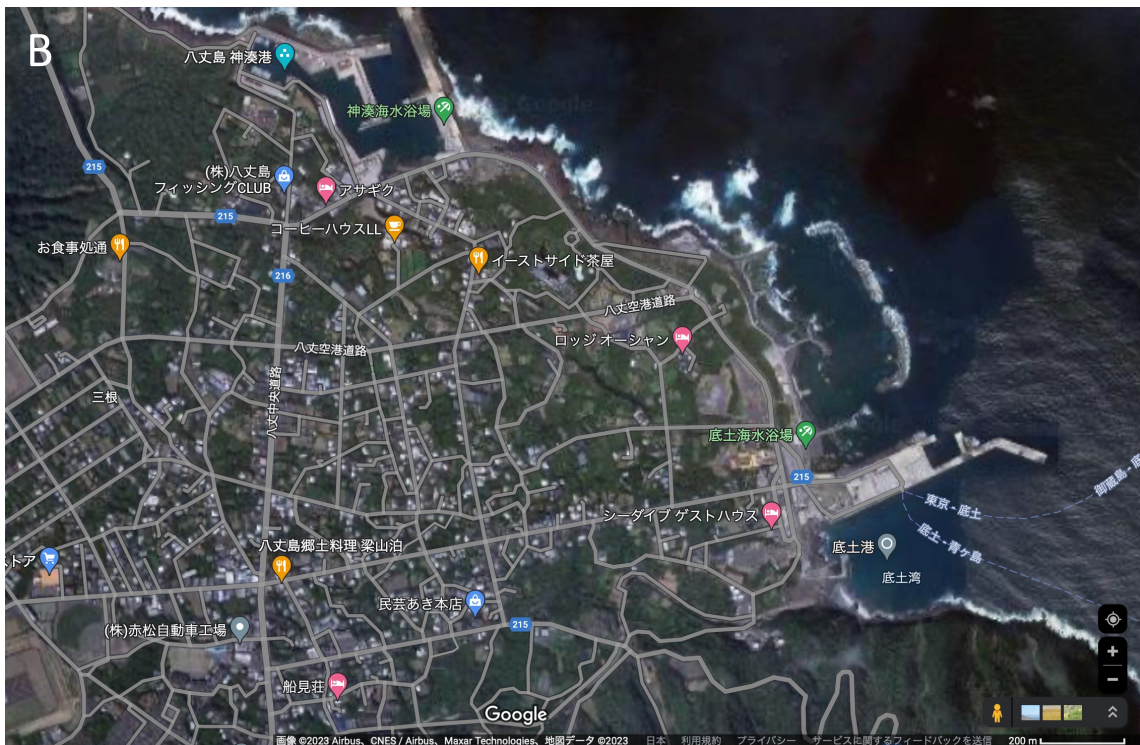


図2。Googleマップにおける八丈島の代表的な地形。A、崖の地形（洞輪沢）。B、なだらかな斜面のある地形（底土）。

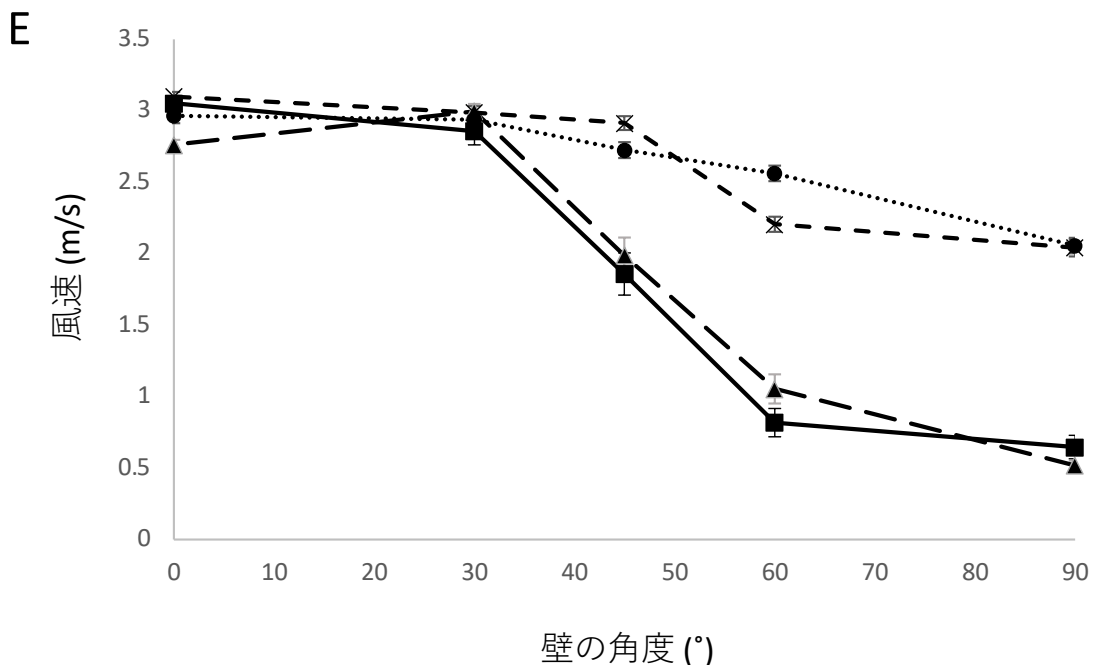
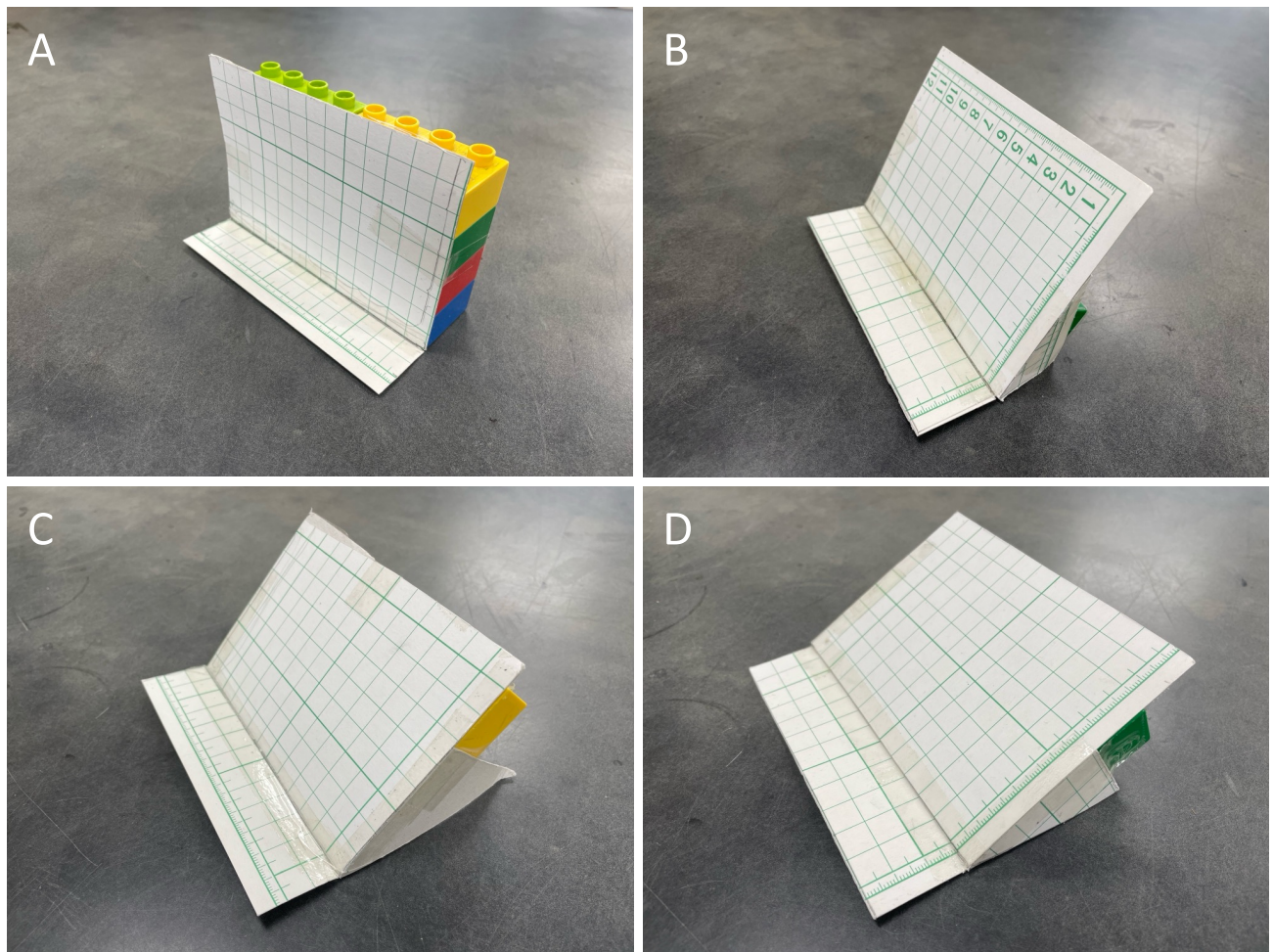


図3. 平らな壁の角度、壁と風向に対する風速の関係。扇風機の風速は弱に設定した。実験机から9.5 cmの高さ、扇風機の中心点を0 cmとし、左5 cm以内、扇風機から15-20 cm離れた地点に壁を置き、壁と水平面のつなぎ目から1 cm離れた場所の風速を熱線式風速計で測定した。壁は、風に対し、0-90°の角度で置いた。A、90°の壁の模型。B、60°の壁の模型。C、45°の壁の模型。D、30°の壁の模型。E、上記の模型の風向に対する風速の変化。■線: 壁の角度が90°、▲長破線: 壁の角度が60°、×破線: 壁の角度が45°、●点線: 壁の角度が30°。各点は平均 (n=10)、エラーバーは標準偏差。

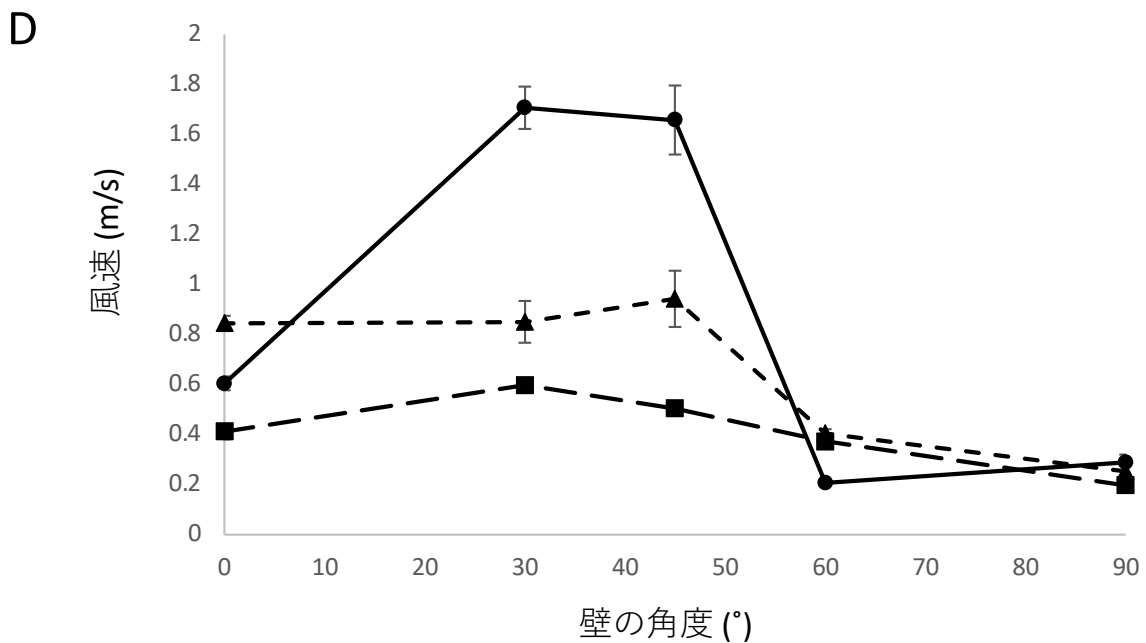
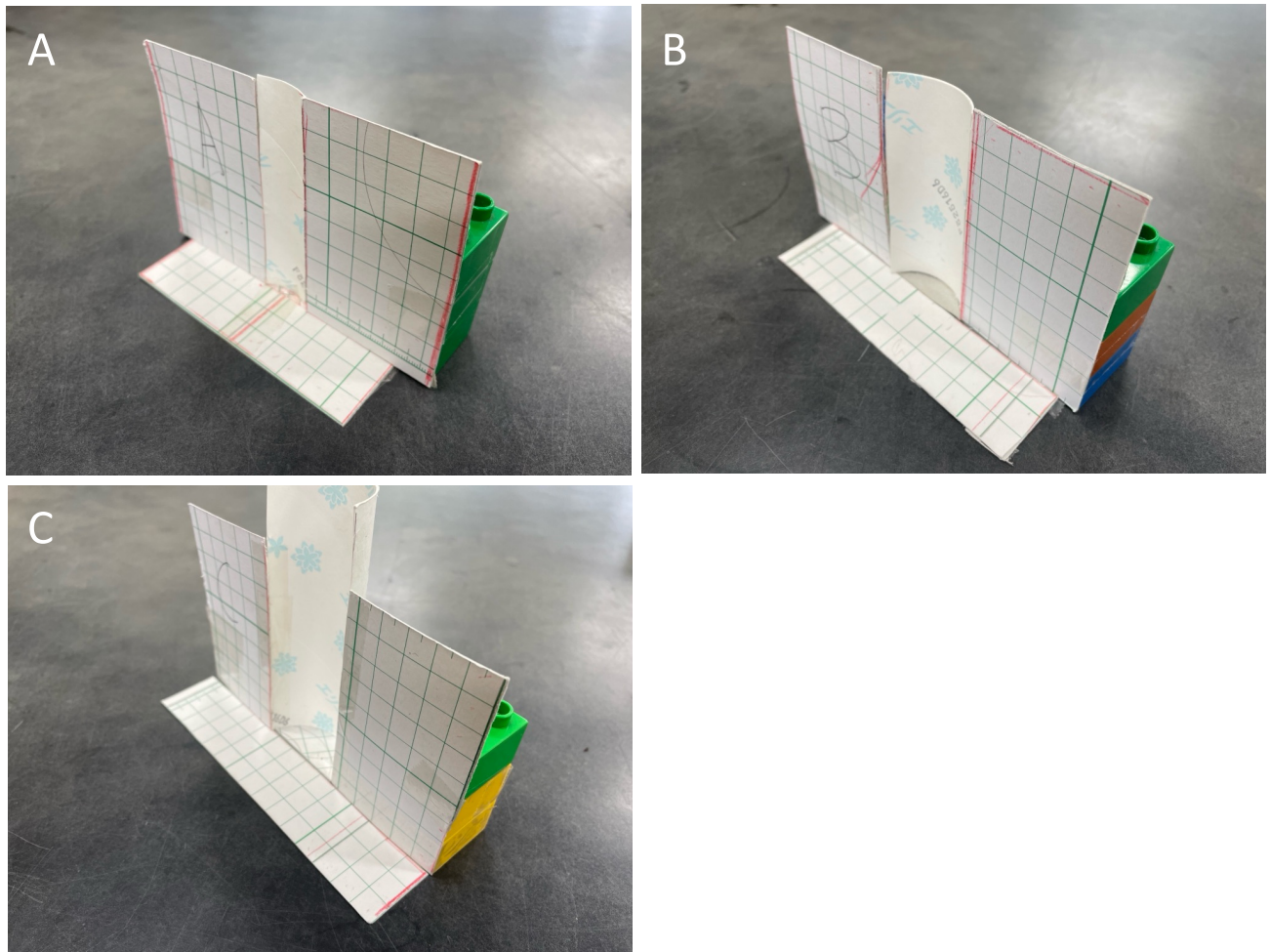


図4。部分円柱壁の内角、風向に対する風速の関係。A、垂直の部分円柱壁内角 60° の模型。B、垂直の部分円柱壁内角 120° の模型。C、垂直の部分円柱壁内角 180° の模型。D、上記の模型の風向に対する風速の変化。測定条件は図3と同じ。●線:部分半円壁内角 60° に対する風速の変化、■長破線:部分半円壁内角 120° に対する風速の変化、▲破線:部分半円壁内角 180° に対する風速の変化。各点は平均 ($n=10$)、エラーバーは標準偏差。

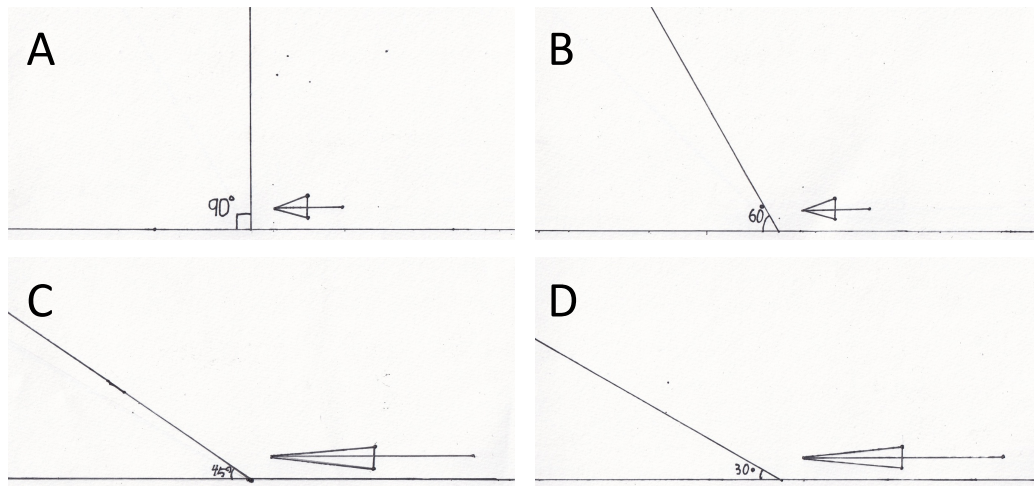


図5。壁と風向60°における平らな壁の角度と風速の関係。A、90°の壁。B、60°の壁。C、45°の壁。D、30°の壁。矢印の長さは風速を表す。風に対して壁を60°の角度で置くと、90°と60°の角度の壁に対する風速、45°と30°の角度に対する風速は、それぞれ同じだった。また、90°と60°の角度の壁に対する風速は、45°と30°の角度の壁に対する風速の1/3になっていた。

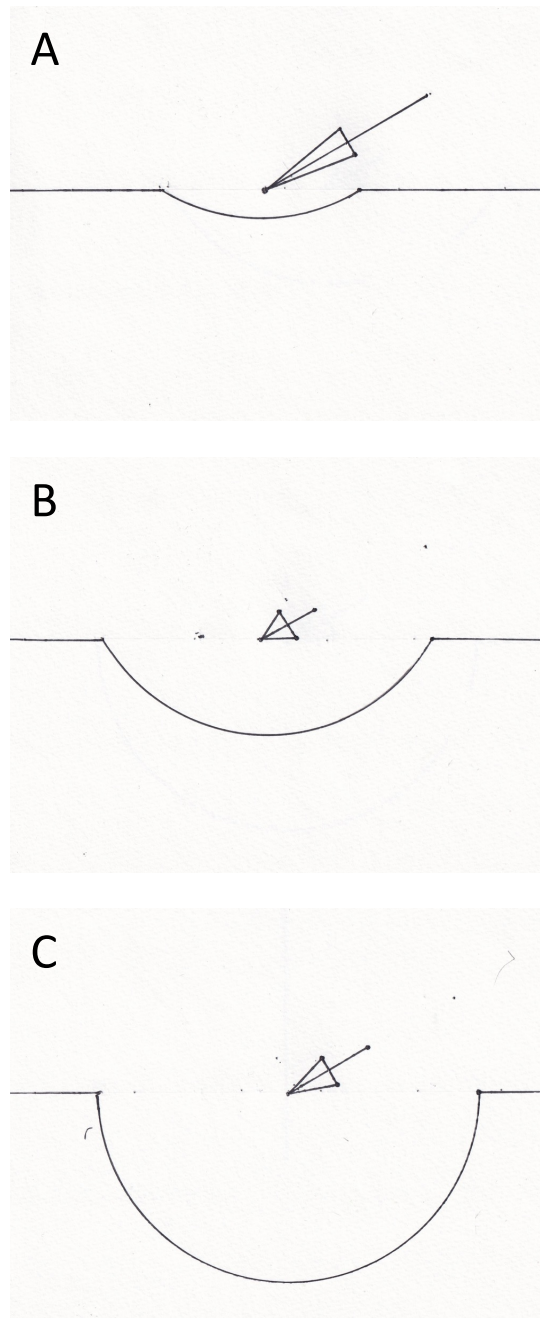
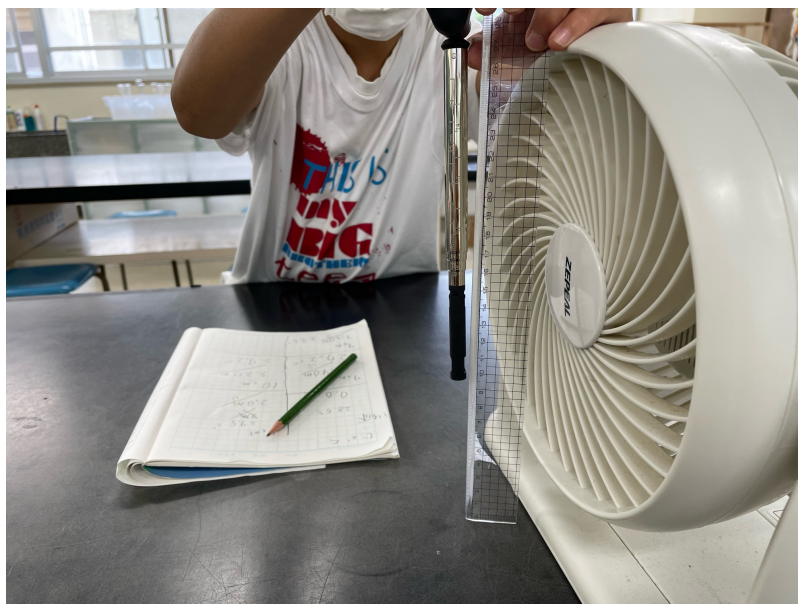
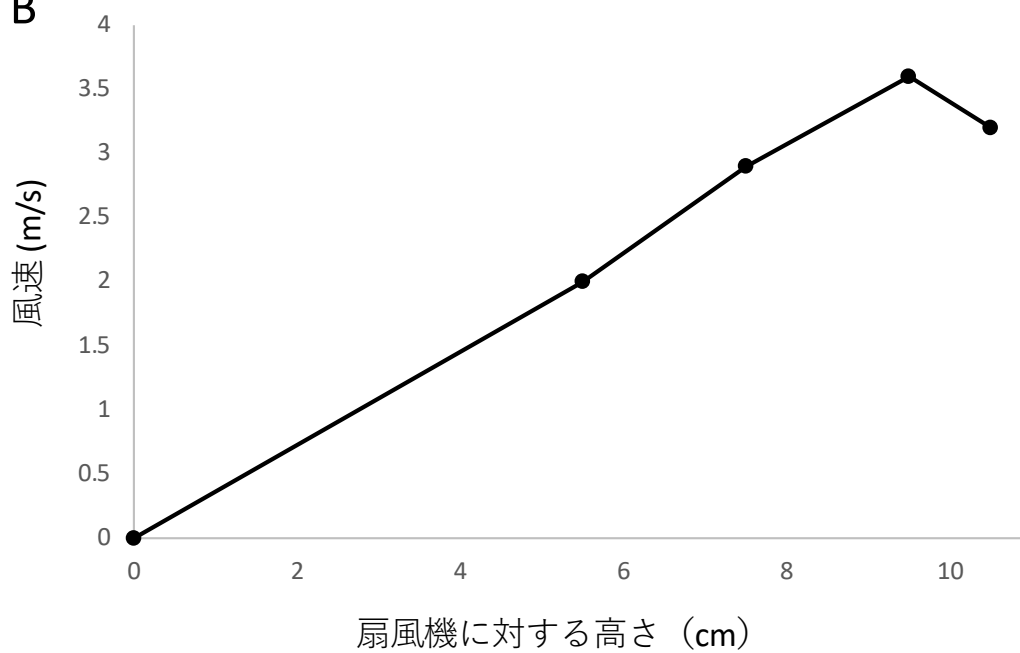


図6。部分円柱壁の内角、風向に対する風速の関係。A、垂直の部分円柱壁内角 60° 。B、垂直の部分円柱壁内角 120° 。C、垂直の部分円柱壁内角 180° 。矢印の長さは風速を表す。風に対して壁を 30° の角度で置くと、部分円柱壁内角 60° に対する風速を1とすると、部分円柱壁内角 120° に対しては $1/3$ 、部分円柱壁内角 180° に対しては $1/2$ となっていた。

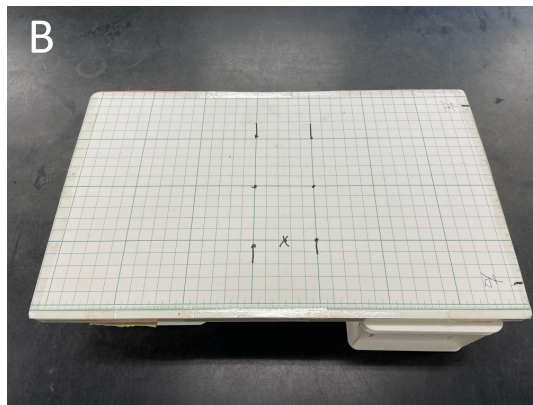
A



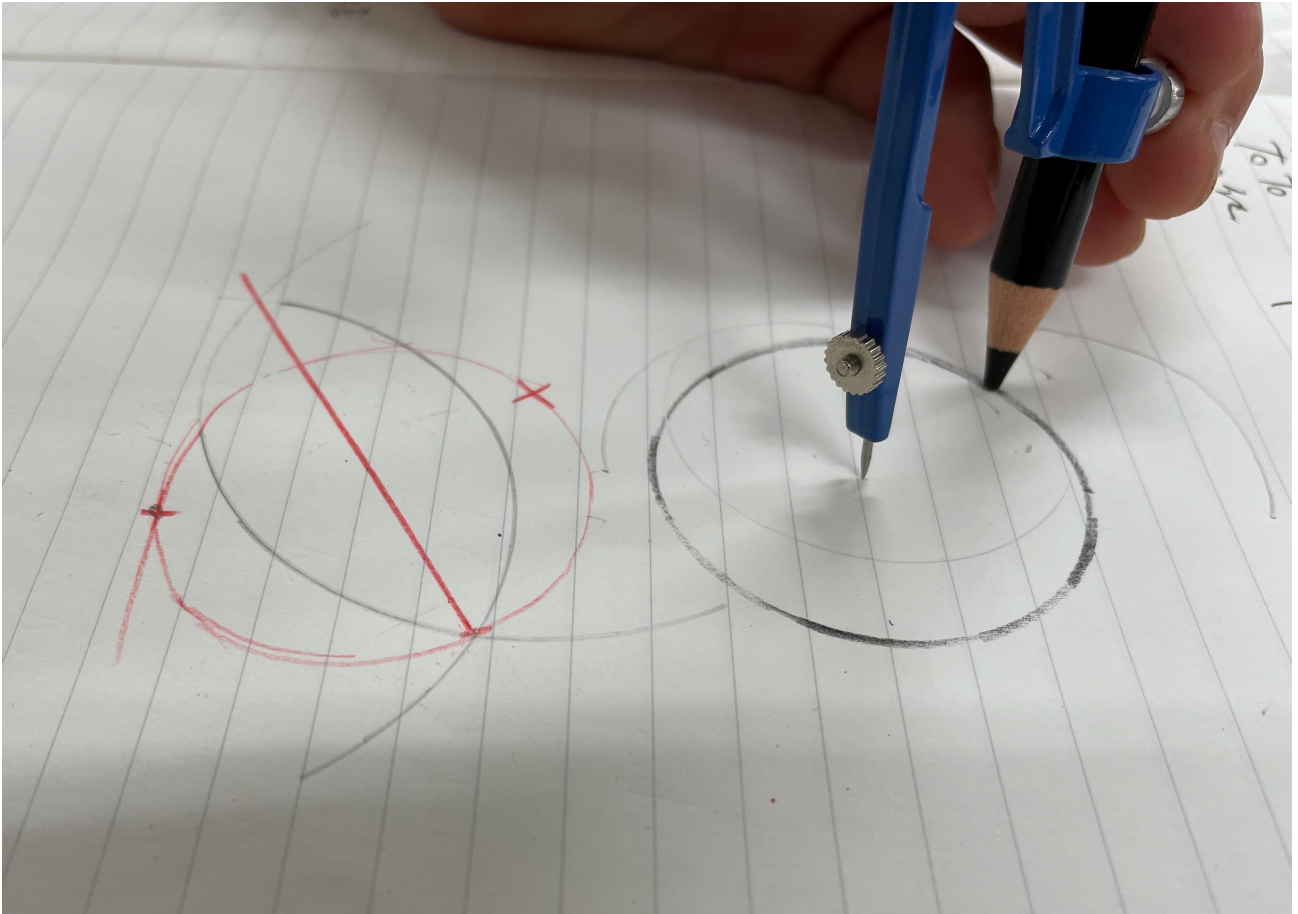
B



参考図1。扇風機から出される風の測る高さ と風速の関係。A、実験の様子。B、測る高さ と風速の関係。扇風機の風速は弱に設定した。扇風機からの熱線式風速計の位置は中心点とし、距離は0 cmとした。風速は、実験機からの高さ0.0-10.5 cmの位置で測定した。

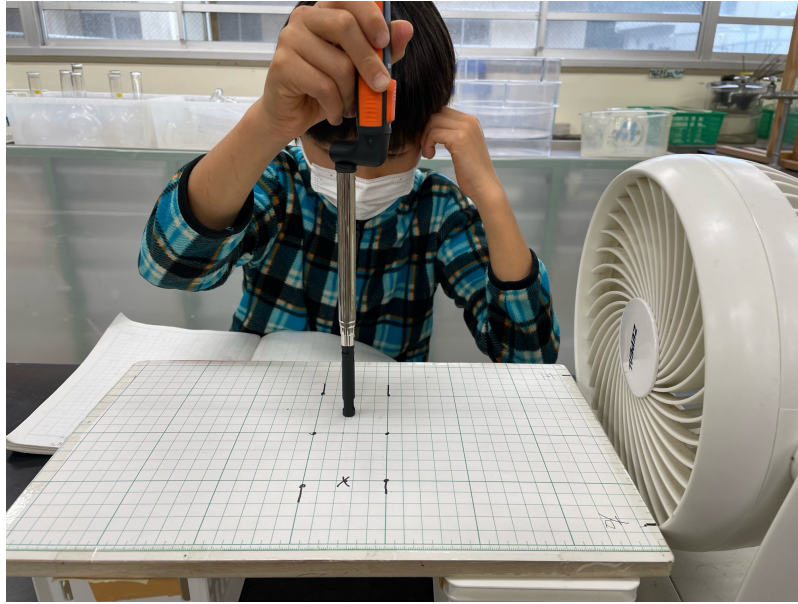


参考図2。実験台の作製と測定の様子。A、実験台のまな板に脚をつけている様子。B、工作用紙を貼った実験台。C、同じ結果が出るように扇風機を置く場所を決め、その印を書いている様子。

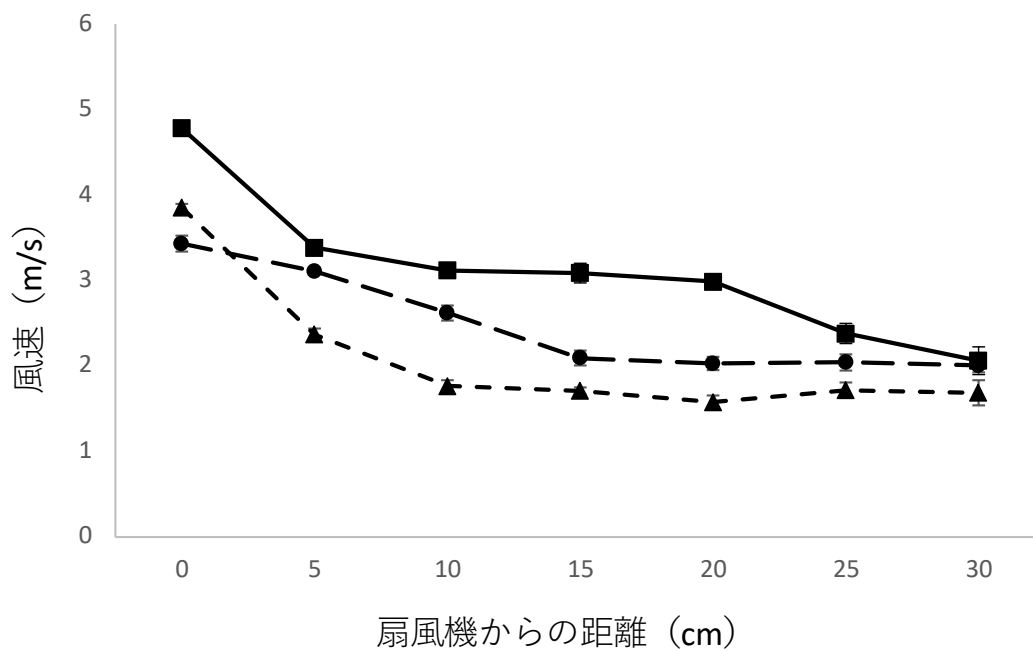


参考図3。部分円柱壁の土台の作図の様子。

A



B



参考図4。扇風機からの距離と風速の関係。A、実験の様子。B、実験結果。扇風機の風速は弱に設定した。風速は、実験机から9.5 cmの高さ、扇風機の中心点を0 cmとし、扇風機から5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、25 cm、30 cm離れた地点で、熱線式風速計を用いて測定した。また、扇風機に向かって、中心点から右に5 cm、左に5 cmずれた地点でも同様に測定した。中心と左5 cmの15 cmと20 cm地点の風速に有意差なし。
 ■線: 中心の風速、●長破線: 中心から左5 cmの風速、▲破線: 中心から右5 cmの風速。
 各点は平均 (n=10)、エラーバーは標準偏差。