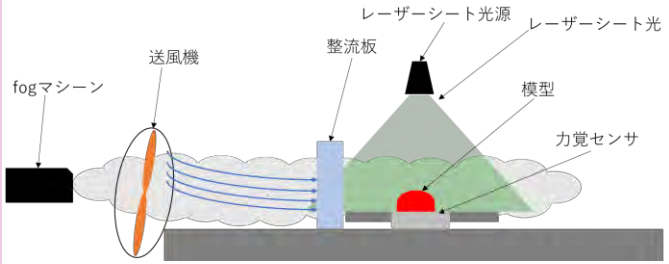
奈良高専
もうこれ以上パイプハウスを飛ばさない＞＿＜

提 案 者	高橋水木(3年)，加藤良太(1年)，桑原幸汰(3年)，西村崇一郎(3年)，須田敦(顧問)
企画概要	強風時にパイプハウスが飛ばされることで，農家の方にとっては，パイプハウスの修繕費用が掛かるとともに中で育成していた作物が被害を受けることによる収入の減収などが負担となっている．このことから，パイプハウスが飛ばされることを防ぐことで農家の方の経済的負担を減らし，日本の食料自給率の増加に貢献するとともに，台風等の被害を減らすことを目的としている．パイプハウスの補強としてはタイバーやクロスバーがあるが，これらの補強方法ではパイプハウス内部の作業容積が減少するという欠点が存在する．今回の提案構造ではパイプハウス上部に取り付けるため作業容積が減少しないこともメリットとしてあげられる．

取組内容

実証内容

先行研究によりパイプハウスの上部に突起を増設することで強風時にパイプハウスにかかる圧力が変化しパイプハウスが飛びにくくすることができることが分かった．本提案では風洞実験を行うことで，先行研究の結果の検証と妥当性を確認する．また，上部につける突起の形状やサイズを様々に変更し数値解析や風洞実験を行うことで被害防止に最適な突起の形状を選定する．パイプハウスは単棟ではなく連棟と呼ばれるパイプハウスが隣り合った状態で運用されてることがあるため，連棟の場合においても数値解析を行い効果を確認する．



簡易風洞装置

取組成果・効果

目標とする取組成果

本提案ではパイプハウスに恒常的な耐風性を付与することにより，近年頻発している異常気象や台風での被害を減らすことで農家の方の経済的負担を軽減し，農作物の生産量を増やすことで日本の食料自給率を上げることを目的としている．

ステークホルダーヒアリングで得られた取組への期待

大和郡山市役所を訪問した際に,奈良県の方や市役所の方，農家の方とお話しさせて頂いた．その際に農業用ハウス強靭化緊急対策事業により,ハウスを補強する際には補助金が出ることがあり，本提案構造についても効果が実証されれば補助金の対象にできる可能性があるということであった．
また，農家の方やメーカーの方を訪問した際には被害の低減についての期待の声を得ることができた．

アイデア概要

- 奈良高専がある奈良県大和郡山市やその周辺地域では，イチゴ（あすかルビー，古都華）やナス（大和丸なす）などの軟弱野菜の園芸作物や，柿が集約的に栽培されている． 特に柿は全国で生産されるハウス柿の約70%を占めている．
- この園芸作物の生産に用いられるパイプハウスは構造強度が低く，台風などの強風で倒壊や飛散する被害 に度々遭う．
- パイプハウスの上部に突起をつける私たちの提案により，パイプハウスの倒壊を防ぐ（防災），パイプハウス部品の飛散を減らす（減災）ことを目指している．
- パイプハウスの上部に突起をつける先行研究の検証を行うとともに，突起の形状・サイズを検討し，実験・数値解析を行う
- パイプハウスの従来の補強方法では，従来構造に比べパイプハウス内の作業容積を減らしてしまうデメリットがあった，私たちの提案構造によりパイプハウスを補強することができれば，作業容積は従来構造と同等であるため，従来の補強方法に比べ優位である．
- 私たちの提案により，台風によるパイプハウスの被害を軽減することができればSDGsのターゲット2.4（2030年までに， 食料の生産性と生産量を増やし，同時に，生態系を守り，気候変動や干ばつ，洪水などの災害にも強く，土壌を豊かにしていくような，持続可能な食料生産の仕組みをつくり，何か起き てもすぐに回復できるような農業を行う．）およびターゲット13.1（全ての国々において，気候関連災害や自然災害に対する強靱性及び適応の能力を強化する．）[5]の 達成に貢献できると考えられる．

提案構造＆検証方法

- 本提案構造ではパイプハウスの上部に突起を取り付けることにより，台風等の強風時にパイプハウスにかかる圧力分布を制御しパイプハウスが飛ばされることを防ぐことを目的としたものである.
- 本提案では突起のサイズ・形状を変更し，数値解析や流れの可視化実験＆六分力計測実験を行うことにより最適な突起形状を考察する.
- また，突起を一様に取り付けるのではなくパイプハウスの天窓を換装することを想定し途切れ途切れに突起を取り付けた場合についても数値解析や各種実験を行い効果について検証する.
- 検証方法としてはパイプハウスのモデルを用いたCFD（Computational Fluid Dynamics）や，パイプハウスの模型と自作の簡易風洞実験装置を用いた流れの可視化実験＆六分力計測実験を行う.

ステークホルダーへのヒアリング（大和郡山市役所）

分かったことや得られたこと

- 大和郡山市とその周辺地域では条里制の名残である土地区画の整備が行われている.
- 大和郡山市では単棟のパイプハウスが多い.
- 強風時にビニールをわざと破りパイプを守る.
- パイプハウスが壊れた際に市や県独自の補助金はなく国からの補助金しかない.
- パイプハウスが壊れた時のために農家の方が各自で保険に入っている.
- パイプハウスを補強する際には農業用ハウス強靭化緊急対策事業の補助金がある．私たちの提案も，この補助金の対象となる可能性がある.
- パイプハウスを用いて作物を育てておられる農家の方を紹介していただいた.
- 農家の方にこの提案構造により被害が抑えられるとしたら50万円までならかけることができると伺った.
- 台風の際にはパイプハウスの開口部をすべて閉じて換気扇を回しハウス内を負圧に維持することで，ビニールのバタつきを抑える.

ステークホルダーへのヒアリング（中津農園）

- パイプハウスの模型製作のための寸法計測をさせていただいた.
- パイプハウスの台風対策としてハウス内を負圧にする様子を見学した.
- パイプハウスの換気用天窓を稼働させる様子を見学した.
- パイプハウスの天窓の形状が突起と酷似しているため，これを突起に転用できるのではないかという意見をいただいた.
- 台風の被害に遭ったパイプハウスを見学した.

図1　パイプハウスの喚起に必要な天窓

ステークホルダーへのヒアリング
（徳島種苗株式会社　関西奈良営業所）

- パイプハウスの部品となるアーチパイプを曲げて加工する様子を見学した.
- 近年パイプ本体も頑丈にすることでパイプハウスを壊れにくくするために，自動車のボディなどにも使われる高張力鋼（ハイテン）も用いられることがある.
- 強風時のパイプハウスの被害の様子について
- 台風がよく来る沿岸部の農家の方は台風が近づいてくるとパイプハウスからビニールを外して骨組みだけにして台風に備えること.
- パイプハウスは韓国にも輸出されていること.

検証方法

1. パイプハウスのCADデータを基にCFD解析を行い，突起の有効性や形状ごとの特性を確認する.
2. 風洞試験機を用い，3Dプリンタで作製したパイプハウスの模型の風洞実験を行い，力覚センサで突起の形状の効果を測定する.
しかし，使用する予定だった風洞試験機が急遽使用できなくなったため，簡易的な実験装置を作製し
①六分力計測実験
②流れの可視化実験
を行った.

ステークホルダーの農家さんの農園で計測させていただいたパイプハウスは,
高さが3.6m,間口が7.5m,奥行きが44mであった.
1では実寸大のCADデータを作製し，2では予定していた風洞試験機で実験を行える1/163.2のサイズの模型を作製した.

1.　SOLIDWORKS Flow Simulationを用いたCFD解析について

風を受けるパイプハウスの肩の上に負圧が発生する現象の確認，先行研究の検証，提案形状の効果の確認を行うためにSOLIDWORKS Flow Simulationを用いてCFD解析を試みた．

解析条件として，風速は台風を想定して25m/sとし，風のプロファイルは一様，風の種類は乱流及び層流とした．

また，解析の準備として，ステークホルダーの農家さんが所有するパイプハウスと同じ寸法のCADデータを作製した．

図1より，一般的なパイプハウスは肩より上の部分に負圧が発生していることが分かった．
図2から，突起をつけることにより屋根面の負圧が抑えられることが分かった．
図3より，円形の突起でも屋根面の負圧が抑えられることから，効果が期待できることが分かった．

※図2から図8までについて，緑で塗りつぶされている部分がおおよそ大気圧を示している．

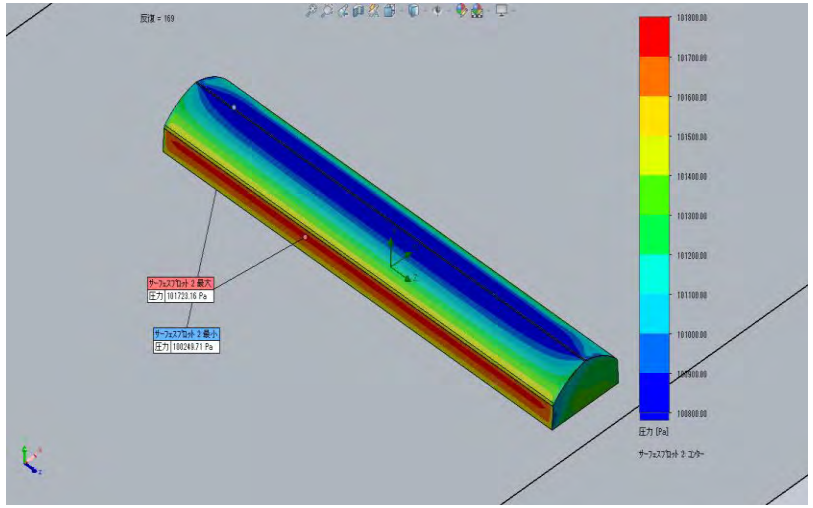


図2 一般的なパイプハウスのCFD解析結果

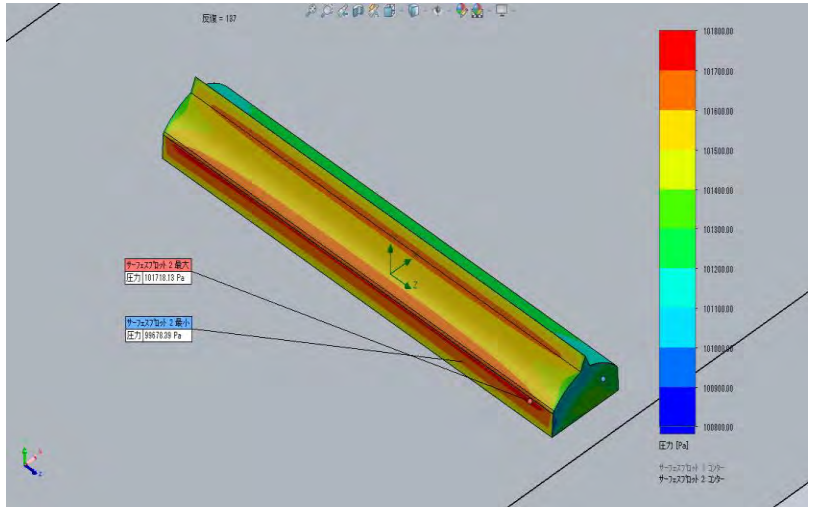


図3 幅1m，高さ1mの突起をつけたパイプハウスのCFD解析結果

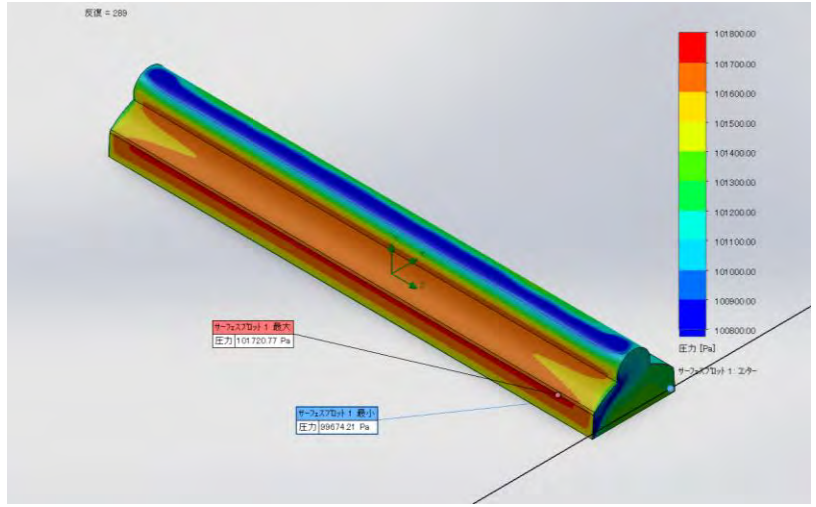


図4 半径1mの突起をつけたパイプハウスのCFD解析結果

突起の大きさを変えてのCFD解析も行った．その結果を図5，図6に示す．突起は，大きさを変えても負圧を発生しにくくする効果を示すことが分かった．また，大きければ良い・小さければ良いということでもないと分かった．

パイプハウスを並べて設置する連棟は，ステークホルダーの農家さんの農園でもみられたが，これに突起をつけた場合のCFD解析も行った．結果を図7に示す．突起をつけても，このような条件下では特定のパイプハウスに負圧が発生してしまうことが分かった．

ヒアリングで得られた発見から，天窓の位置に突起をつけたパイプハウスでもCFD解析を行った．結果を図8に示す．このように突起が部分的でも，突起がない場合に比べて負圧が発生する領域を減らせることが分かった．

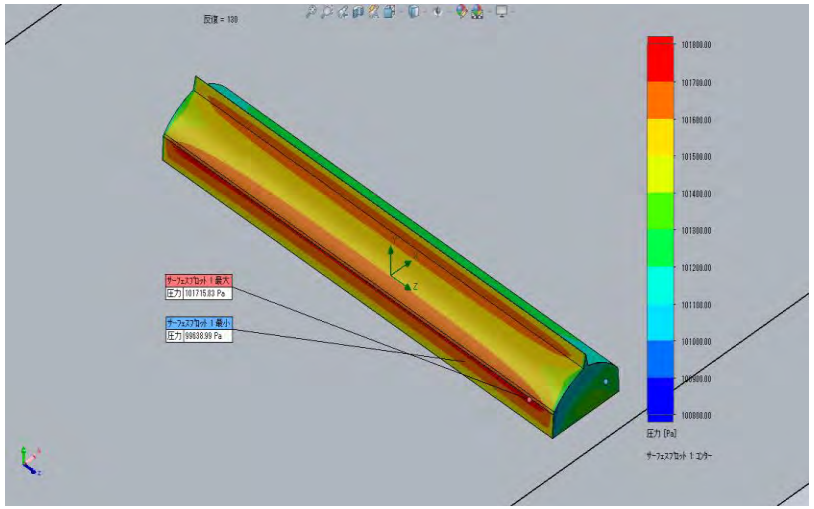


図5　幅0.5m 高さ1mの突起をつけたパイプハウスのCFD解析結果

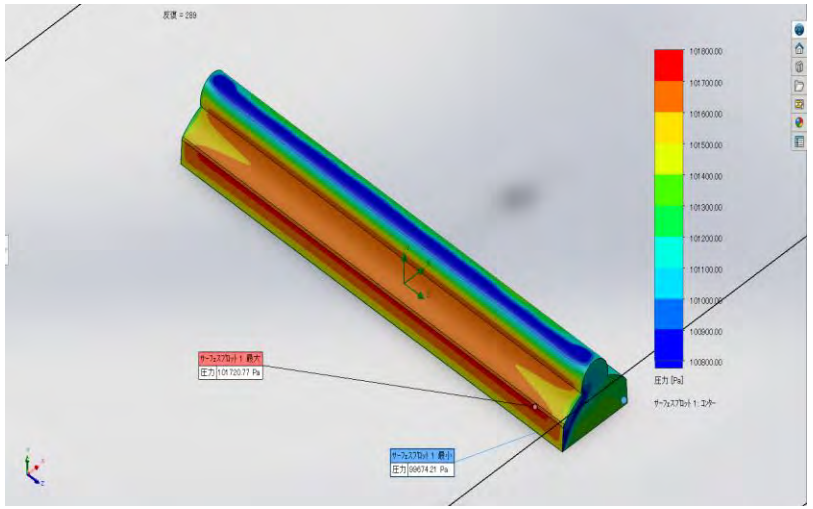


図6 半径1.5mの突起をつけたパイプハウスのCFD解析結果

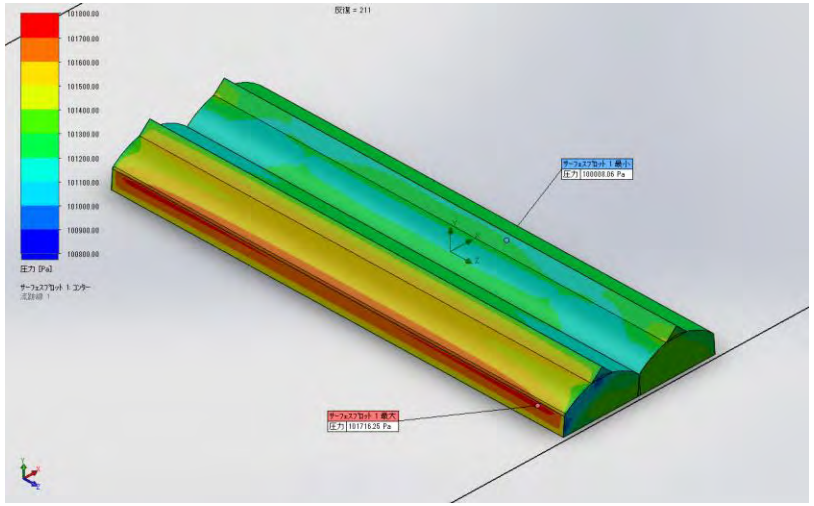


図7 幅2m，高さ1mの突起をつけた
連棟のパイプハウスのCFD解析結果

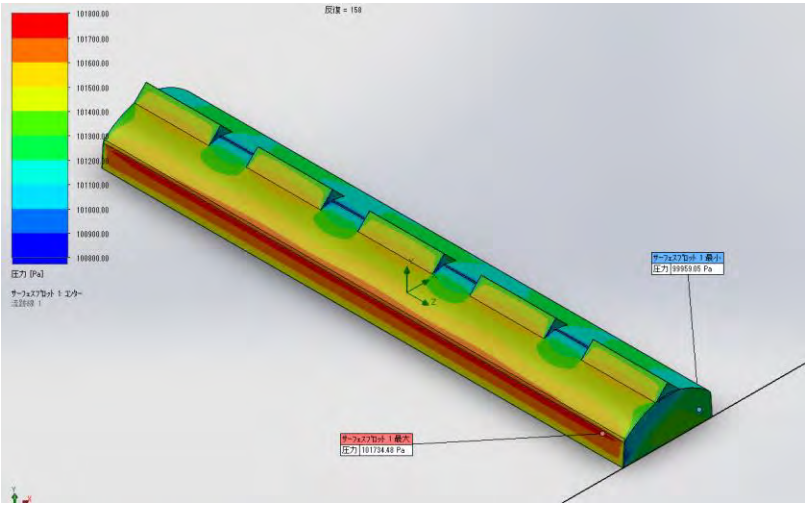


図8 天窓の位置に幅2m，高さ1mの突起をつけた
パイプハウスのCFD解析結果

2. ①六分力計測実験について

風洞試験機を用いた風洞実験を行い，図9に示す六軸力覚センサで先行研究の検証や突起の形状の効果を測定する準備を進めたが，使用する予定だった風洞試験機が使用できなかった，
そのため，図10に示す簡易風洞装置で，六軸力覚センサを用いて送風機によりX方向に風を当てた際模型に発生するX軸・Y軸・Z軸方向の力（Fx，Fy，Fz），X軸Y軸Z軸周りのモーメントを計測する六分力計測実験を行った．
なお，Fzは重力方向を正とする鉛直方向の力である．

パイプハウスを浮き上がらせる力については，Z軸方向の力で表される．したがって，この六分力計測実験は，私たちの提案であるパイプハウス上部に突起をつけることで，突起がない状態に比べZ軸方向の力（Fz)が増すことを示すことを目的とする．

六分力計測実験での六軸力覚センサの計測結果を表1に示す．この実験では，最小のZ軸方向の力が最も大きいことから．半径1m相当の半円状の突起が最もパイプハウスの模型を浮き上がらせにくいという結果が示された．したがって，私たちは半径1mの半円状の突起が最適な形状ではないかと考える．

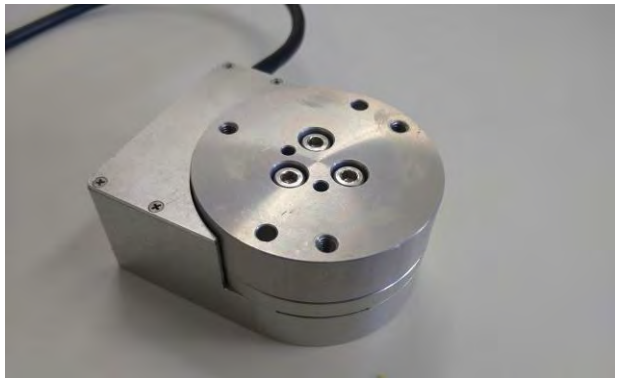


図9 実験に使用した力覚センサ

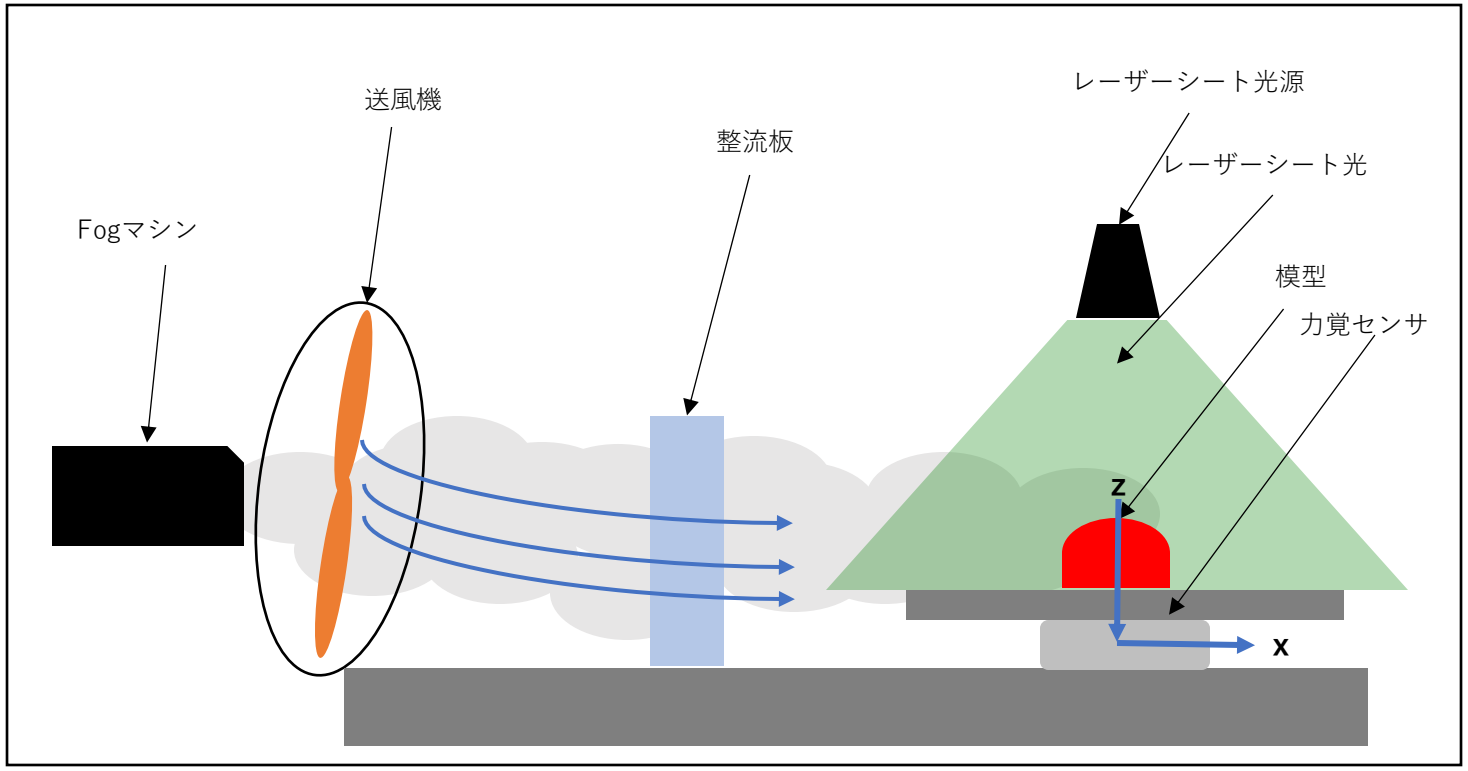


図10 実験で使用した簡易風洞装置概要図

表1　六分力計測実験における力覚センサの計測結果

突起の種類	最大Fz[N]	最小Fz[N]	平均Fz[N]
突起無し	0.031	-0.065	-0.031
幅1ｍ高さ0.5m相当	0.043	-0.004	0.020
幅1m高さ1m相当	0.026	-0.014	0.009
幅1m高さ1.5m相当	0.044	-0.012	0.021
幅0.5m高さ1m相当	0.176	0.016	0.094
幅1.5m高さ1m相当	0.115	-0.049	0.024
半径0.5ｍ相当	0.058	-0.039	0.008
半径１ｍ相当	0.081	0.041	0.063
半径1.5m相当	0.028	-0.009	0.010
幅2m高さ1m相当で溝が2つ	0.183	0.016	0.082
幅2m高さ1m相当で溝が4つ	0.037	-0.013	0.010
幅2m高さ1m相当で溝が6つ	0.036	-0.01	0.015

2.　②流れの可視化実験について

図10で示した簡易風洞装置を使い，Fogマシンと送風機を用いてパイプハウスの模型周りに煙の流れを作り，また発生した煙の流れにレーザーシート光を照射することで流れを観測する流れの可視化実験を行った.

また，流れと平行な面から模型周りの流れを撮影することで観測者以外も流れを観測できるようにした.

図12，図13，図14に流れの観測結果を示す．突起により流れが変化していることが分かる.

図11 流れの可視化実験・六分力計測実験の様子

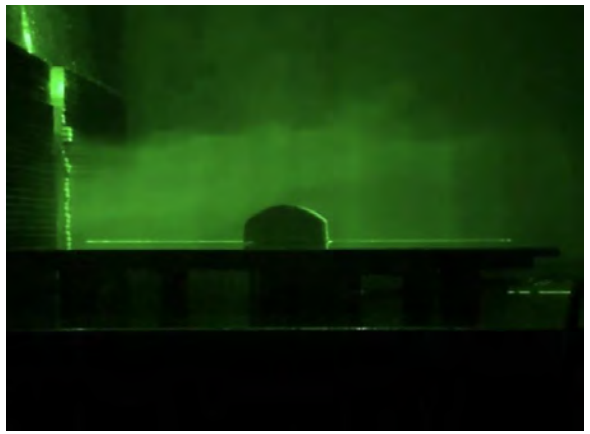


図12 一般的なパイプハウスの模型の周りの流れ

図13 幅1m，高さ1.5m相当の突起をつけたパイプハウスの模型周りの流れ

図14 半径1m相当の突起をつけたパイプハウスの模型周りの流れ

流れの可視化実験・六力計測実験の結果の考察

①について

- いずれの突起も突起がない状態と比較するとパイプハウスを飛ばさない効果が期待できる.
- 高さを変更した際にあまり変化が見られなかったことから，高さは1～1.5m相当の間では圧力の変化に大きな影響は与えないと思われる.
- 幅を変更した際には広くなるにつれ力が小さくなっていったことから，パイプハウスを飛ばさない効果を高めるためには幅を狭くする必要があると考える.
- 溝の数については実験の結果にほとんど影響を与えなかった.

②について

- 突起により，模型周りの流れは明らかに変化しているが，突起によりパイプハウスの模型周りに負圧ができづらい要因と深く関わっている.
- また，突起により渦のようなものが模型周りに観測できる．突起の形状を変えることで，これの形をコントロールすることができれば，パイプハウスの屋根面にかかる圧力もコントロールできると考えられる.

アイデアの発信・今後の展開

- 3/11に開催される日本設計工学会関西支部の研究発表講演会で,今回の防災減災コンテストへの取り組みを発表予定である.
- 防災減災活動に取り組む人々を紹介する番組,NHKBOSAIアクションに発表予定である.
- 2/15にNHK奈良の記者より取材を受け,どのような経緯でこの取り組みを始め,これがどのような研究内容か,を強くアピールした. 3月の初頭にもう一度取材を受ける予定であり, そこでは我々が行った実験風景を紹介する.
- NHK奈良のならナビという番組で, 我々の取り組みについて放送される予定である.
- 奈良高専の取り組みとして, PRTimesに掲載される予定である.
- 地域の防災減災に向け,1/31に奈良先端科技大により開かれた研究共有シンポジウムで, 奈良高専での取り組みとしてこの研究が報告された. 奈良先端科技大によると,今後研究の実用化に向け,企業や自治体,南都銀行などと連携し実証実験などを行う予定である. そのため,今後十分な成果が得られた場合,実用化も展望できると考えられる.

高専防災減災コンテストを通じて成長できたこと

- 高専で授業を受けているだけでは関わることの出来ない農家の方や市役所の方，メーカーの方とお話しさせていただくことでコミュニケーション力が身についた.
- 学校の中で話しあっていたことが実際現地に調査に行くと全然違うことがあり，現地調査の大切さを身をもって理解できた.
- 新しいアイデアに挑戦することの難しさ・厳しさを思い知った反面，それを通じて輪が広まること，知見・知識が深まることは楽しく，とても良いことであると強く感じられた.
- 自分では思いつかなかった意見が出たことで，ほかの人と協力して取り組むことがどれだけ大切か知ることができた.
- 4，5年での研究や実験などで使うであろうCADソフトを多用した解析を行い，将来のためのステップアップになったと感じた.
- 今後の学生生活で、自分がまだ知らない・分からないことに取り組む際に，自分の頭で考えるだけではなく，色々試して，色んな方に話を聞いてみること，色んな視点から見てみることを大切にしたい.

参考文献

1) Kenta MORIKAWA, Atsushi SUDA, Yukinori TANIGUCHI, Shinichi ENOKI, Kenichi IIDA, Study on strength of pipe-framed greenhouse against wind load using numerical analysis, International Conference on Design and Concurrent Engineering 2021& Manufacturing Systems Conference 2021.

2) 奈良県庁，“農業”奈良県公式ホームページ，available from <https://www.pref.nara.jp/4810.htm>，（参照日 2023年02月19日）.

3) 農林水産省，令和元年台風15号に係る被害状況，available from <https://www.maff.go.jp/j/saigai/typhoon/r10907_09/index.html>，（参照日 2023年02月19日）.

4) 農林水産省，施設園芸をめぐる情勢，available from<https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/sisetsu/pdf/jyousei_all.pdf>，（参照日 2023年02月19日）.

5) 外務省，SDGsとは？，available from , <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>（参照日 2023年02月19日）.

6) 京都府，園芸ハウス台風対策マニュアルavailable from <https://www.pref.kyoto.jp/nosan/news/documents/detailverall.pdf>，（参照日 2023年02月19日）.