

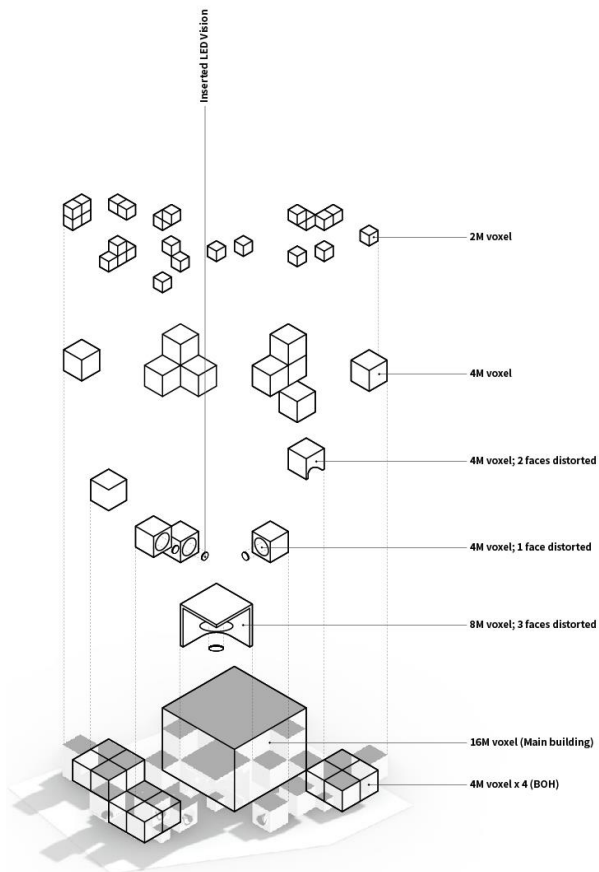
【計画概要】

『null² (ヌルヌル)』は、EXPO2025大阪・関西万博のシグネチャーパビリオンのひとつであり、落合陽一氏が「いのちを磨く」をテーマにプロデュースし、NOIZが建築設計、Arupが構造設計を担当したパビリオンである。『null²』は、フィジカルとデジタルが混じり合う「2つの鏡」を根幹のコンセプトとし、その建築および展示空間が創り上げられている。設計においては、金属的な質感、硬質さと柔らかさの共存といった要素を追求した。今回は巨大で静的なものではなく、「動的な建築」にも挑戦した。

【建築計画】

本パビリオンは、来場者が自身のデジタルツインと交流するMain Building (展示棟) とBOH (バックヤード) 3棟の計4棟から構成されており、それらは2m、4m、8m立方のボクセル「Voxel: Volume (体積)を持つPixel (ピクセル)」の塊によって内包されている。空間記述単位のボクセルは、形態としての接空間を具現化しつつ、表面の「鏡面膜」が風景を映し込み、それらを歪ませることで、外の物理世界と内の情報世界との境界を曖昧にし、両者のつながりを緩やかに表現している。

鏡面膜による外装は、風によって呼吸するように振動し、映り込む空や周囲の景観を独特なリズムで歪ませる。さらに、ボクセル内部にはウーファーとロボットアームが設置されており、重低音や動きを調整することで、膜をより演出的に、文字通りヌルヌルと変化させる。それは、まるで一個の生命体のように、見る人の視点や動き、天候や季節、時間、雲の状況や周辺の環境に応じた変化を常に増幅して反映させる、周辺環境とのインタラクションを行うフィジカルの鏡として、想定を超えた未知の風景を生み出している。



14 Sep 2022



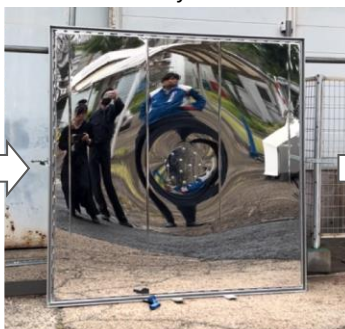
Original Mirror Membrane

2 Oct 2022



Mirror Membrane with framework

19 May 2023



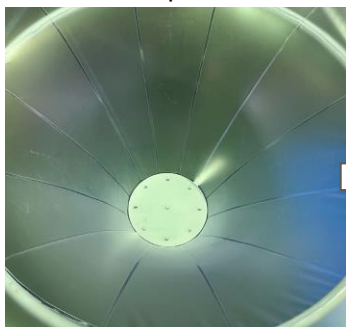
Mirror Membrane with framework

30 Jul 2023



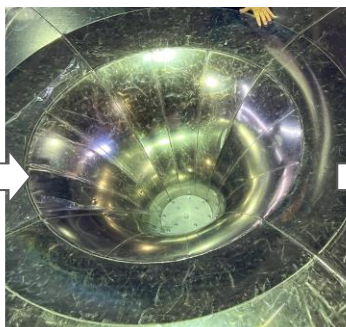
Mirror Membrane with framework

14 Sep 2022



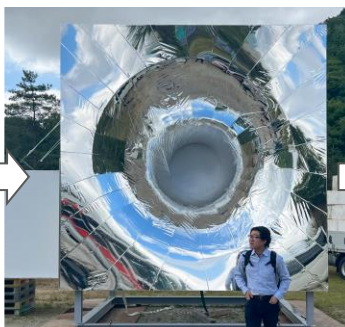
PVC horn shape

2 Dec 2022



First Mirror Membrane horn

5 Jun 2024



Mirror Membrane horn

30 Jul 2024



Mirror Membrane horn

【鏡面膜の開発】

本パビリオンの外装に採用された鏡面膜は、太陽工業が設計プロダクションチームと共同で約2年をかけて開発した新素材である。金属のような高い反射性と滑らかな質感を持ちながら、柔軟な曲面形成が可能な膜材であり、反射率98%という数値を実現している。初期段階はアルミホイルのようなくすんだ金属のような質感で鏡面とは程遠かったが、実施工直前まで改良を重ねることで、98%もの鏡面性を達成出来た。

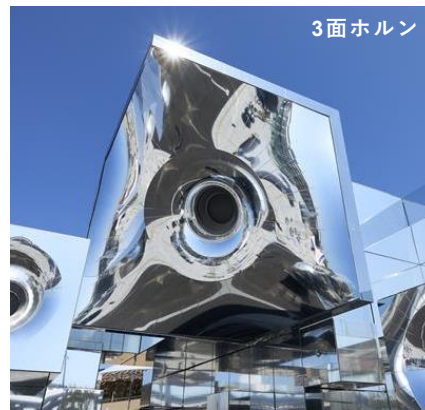
膜は外装として暴風時の風圧に耐える剛性を確保する一方で、意図した動きにも追従できる柔軟性が求められた。相反するこれらの条件を満たすため、構成材や厚みを精密に調整して強度と伸縮性の最適なバランスを導き出した。

また、開発過程では紫外線劣化防止の耐候処理を施し、施工時には保護フィルムと熱板溶着技術を改良した。保護フィルムを貼ったまま溶着し、施工後に美しく剥がせる独自の技術を確認したことで、強度・耐候性・加工性・施工性を兼ね備えた膜材となった。

さらに、高い反射率から高い遮熱性能を備えていることが分かり、一般建築への応用も期待される。今回の万博では仮設建築物の特例を活用し、JIS・JAS・大臣認定を未取得の状態を外装適用を実現した。この試みは、将来の建築素材開発に向けた実験的な一歩であり、現時点では万博でしか見ることのできない先進的なファサードである。



膜材の屋外暴露試験



3面ホルン



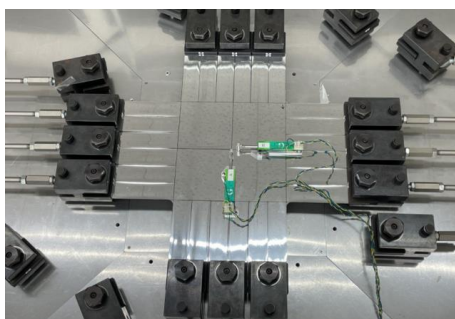
2面えぐれ



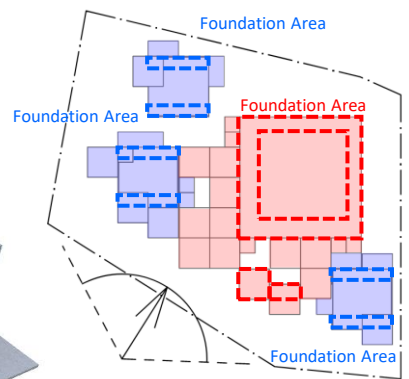
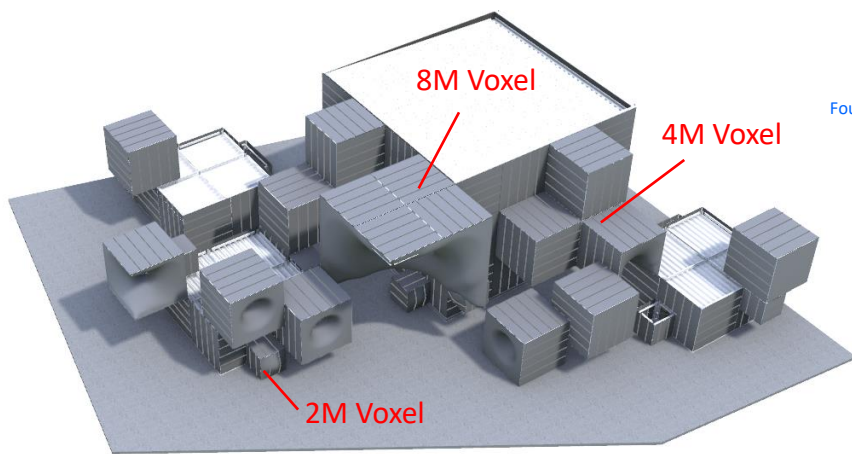
1面ホルン



膜材の引張試験後サンプル



膜材の二軸引張試験



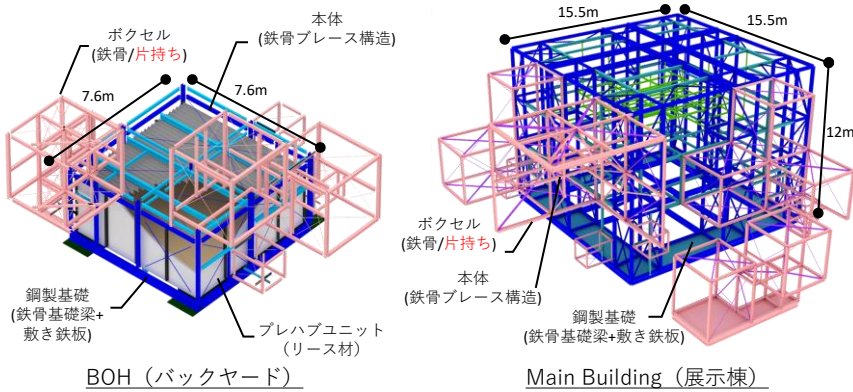
■ Main Building (展示棟)
■ BOH (バックヤード)

【構造計画／動的検証】

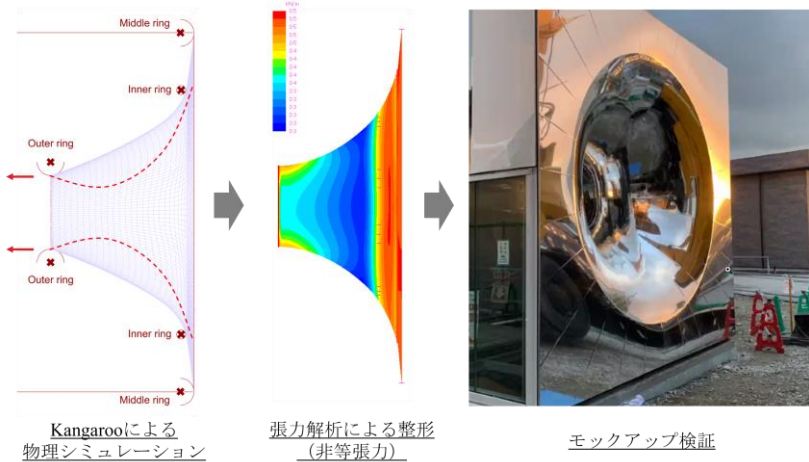
展示棟は15.5m角、バックヤードは7.6m角の整形な空間を備えるが、外形は2~8mのボクセルがランダムに付加された複雑な形状である。ボクセルは浮遊したデザインの実現、基礎範囲を限定して土工事と工期を抑えるために、本体鉄骨から片持ち構造とした。

多くのボクセルはフラット面であるが、一部は生命体のように滑らかな曲面を持つ。膜形状は等張力解析で決まるため、意図した形状の実現は難しいが、今回はGrasshopperのプラグインKangarooによって、膜材をガイドに沿って引っ張る物理シミュレーションを行い、形状定義とした。それにより、概ね意図した形状の実現が可能となった。

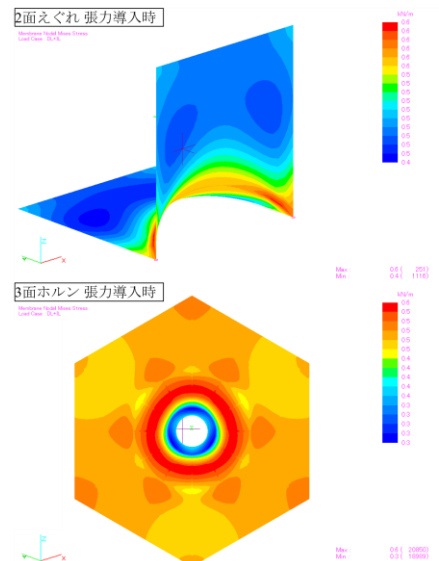
本建物は鏡面膜が動く「呼吸する建築」であり、BlenderやUnreal Engineで静止画・動画・VRを制作し、動きの検証と合意形成に活用した。これにより、関係者が自由に体験できるツールを提供し、計画段階から動的な建築の理解を促進した。



構造フレームダイアグラム



ホルン型膜材の形状定義図



膜面の非等張力解析結果



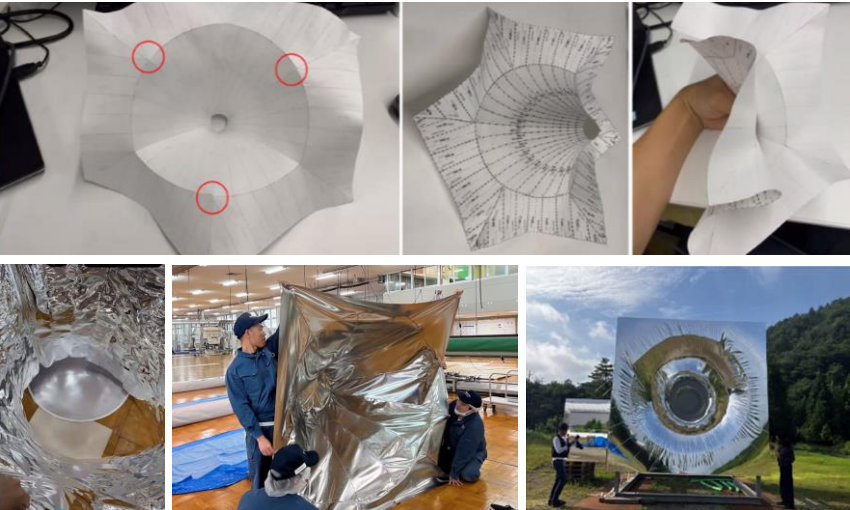
ゲームエンジンを使ったVRによる膜の動き検証



ウーファーによる膜の動き検証



ロボットアームによる膜の動き検証



膜モックアップによる製作・施工方法・皺検証

【膜のモックアップ・動き検証・施工計画】

開発した鏡面膜は初めての試みとなるため、1面ホルンについて物理的な再現性を確認するために実寸大モックアップによる事前検証を行った。1面ホルンの皺を完全に取るまでは数十回に及ぶ試行錯誤を要したが、規定張力を入れた時の膜面の皺の出方を記録し、解析における張力比や縮小率などの細かな調整に活かした。1面ホルンの検証により得られた知見は2面えぐれ、3面ホルンにも活用され、現地において1回で皺なく張ることができた。

また、動きやそれに伴う映り込みの変化についてもウーファーやロボットアームを付けて検証を行った。



膜建方時 現場写真-1



鉄骨建方時 現場写真



膜建方時 現場写真-2



完成後 外観写真



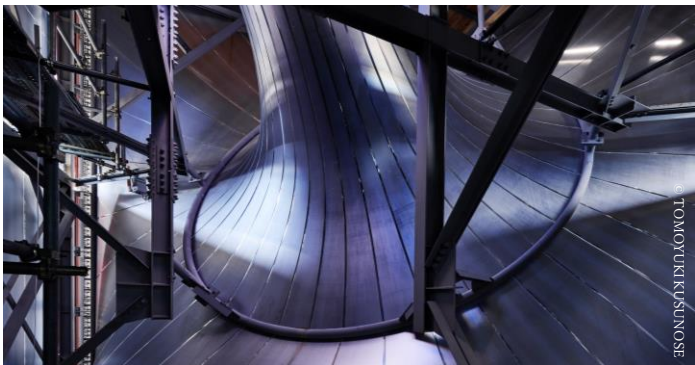
完成後 外観（夕景）写真



完成後 外観（夜景）写真



完成後 内観写真



完成後 3面ホルン内部写真

建物概要

作品名 null? 2025年日本国際博覧会
 テーマ館「いのちを磨く」
所在地 大阪府大阪市此花区夢洲
用途 展示場
建築主 公益社団法人2025年日本国際博覧会協会
プロデューサー/ 建築外観ディレクション 落合 陽一

設計・施工

意匠

NOIZ
 担当/豊田 啓介、蔡 佳萱、酒井 康介、
 笹村 佳央、平井 雅史

構造

Arup
 担当/金田 充弘、竹内 篤史、小西 佑佳、
 春田 典靖

施工

フジタ・大和リース特定建設工事共同企業体
 担当/前田 郁宏、西田 健

膜開発・施工

太陽工業株式会社

ロボティクス

担当/鈴木 奨之、北林 孝二、宮野 学、藤木 和孝
 アストラテック
 担当/吉崎 航

規模

階数 展示棟：地上2階 プレハブ棟3棟：地上1階
最高高さ 12.25m
敷地面積 1,635.72m²
建築面積 672.54m²
延床面積 655.46m²

構造

主体構造 鉄骨造
杭・基礎 直接基礎（敷き鉄板・布基礎）