

ユーザー座談会から学ぶ、 ジェネレーティブデザインによる 革新の可能性

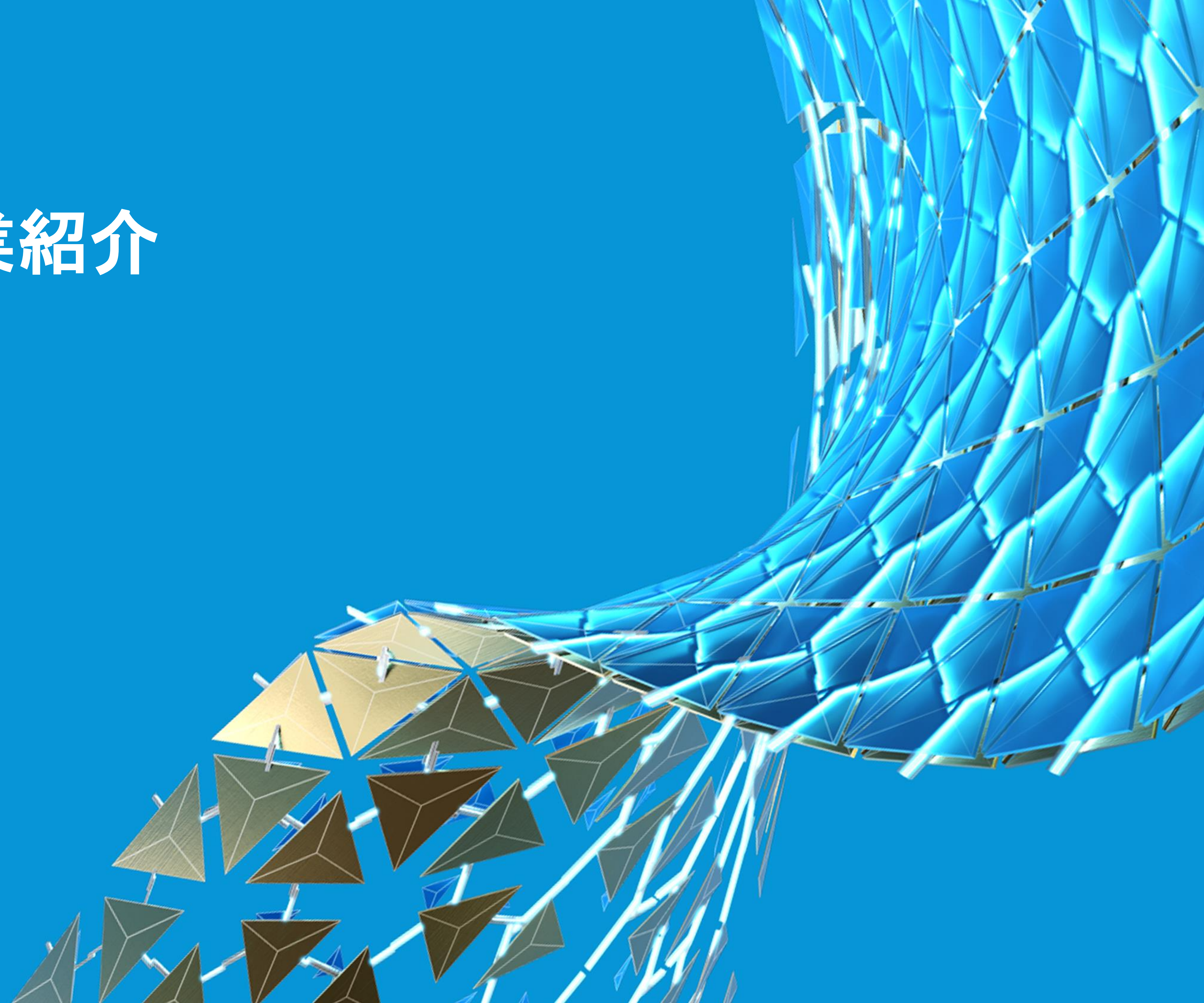
Yukio Kitada, Misao Mizuno, Satoshi Yanagisawa

ヒノデホールディングス株式会社

mfabrica合同会社

Triple Bottom Line LLC

ご講演者様 自己紹介/企業紹介





北田 幸夫

ヒノデホールディングス株式会社

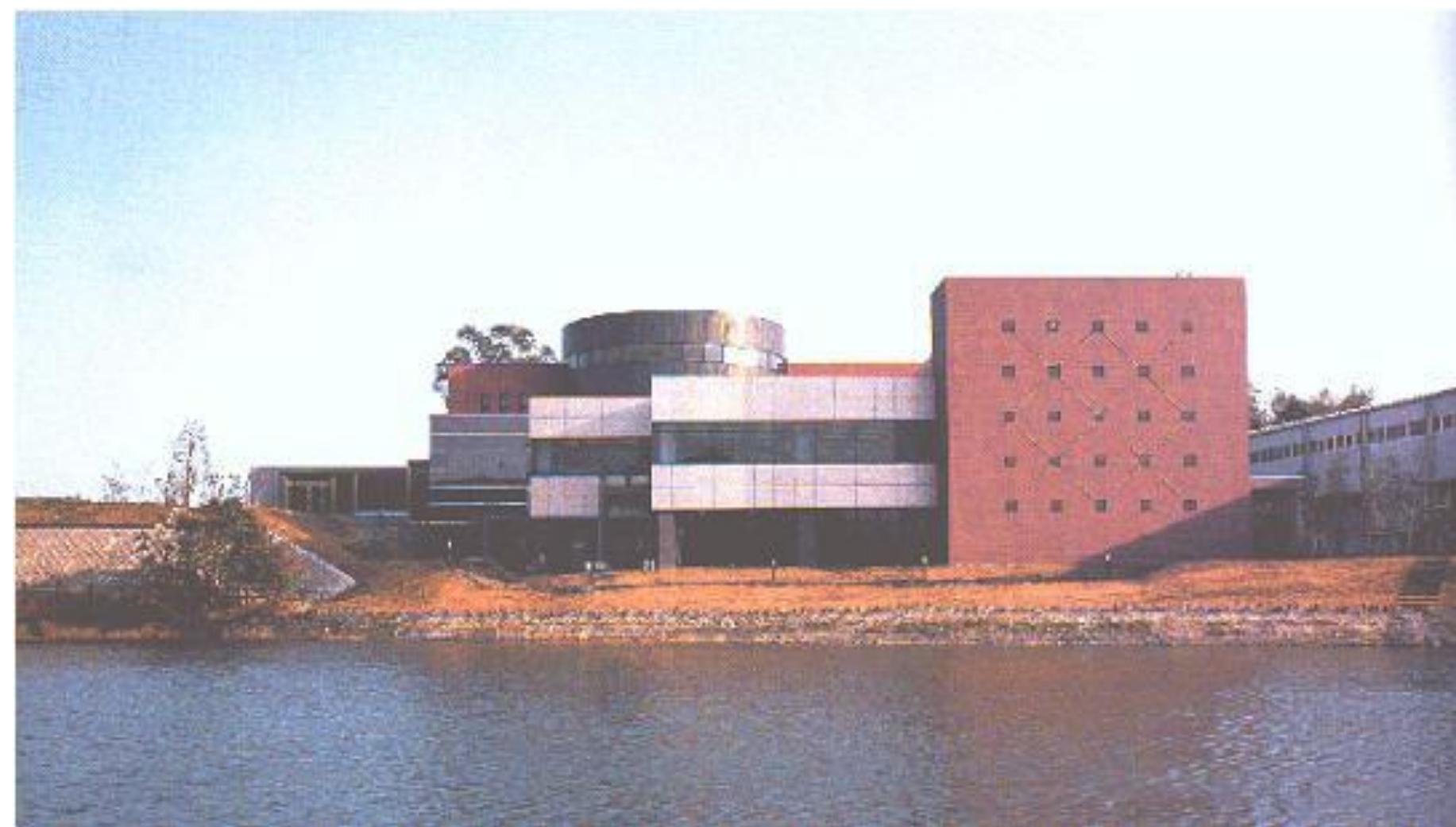
R&D総合センター

量産プロセス開発チーム

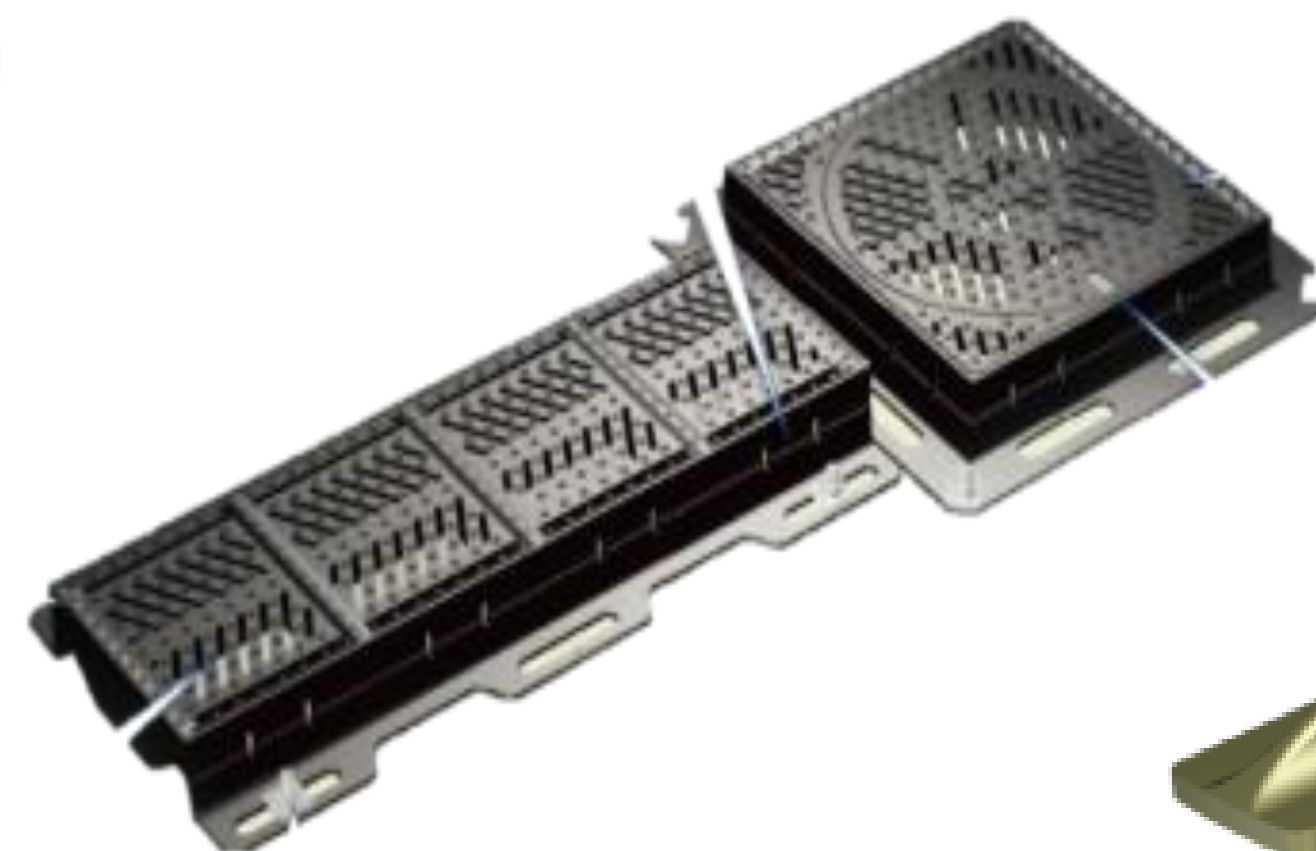
鋳物を使った商品開発部門に所属

商品企画から量産立上までの一連のプロジェクト活動の中で、主に構想設計から構造解析、試験検証までを担当。数年前からトポロジー最適化や形状最適化、そして本日のタイトルにもあるジェネレーティブデザインを構想設計段階で活用中。

自己紹介/企業紹介



- ・会社名 ヒノデホールディングス株式会社
- ・創業 2003年9月1日（日之出水道機器：1919年創業）
- ・所在地 本社 福岡県福岡市
R&D総合センター 佐賀県みやき町
- ・資本金 2700万円
- ・従業員数 1395名
- ・会社PR 鋳鉄、鋳鋼、アルミ鋳物、精密加工など、モノづくりを多用な材質で、粗材から加工まで一貫してご提供できる鋳造のプロ集団です。R&D総合センターでは、研究・開発で鋳物に関するお客様の困りごとを解決します。





水野 操

mfabrica合同会社
社長

18歳で渡米。米Embry-Riddle Aeronautical Universityで航空宇宙工学の修士号を取得。パイロットのライセンスも保持。

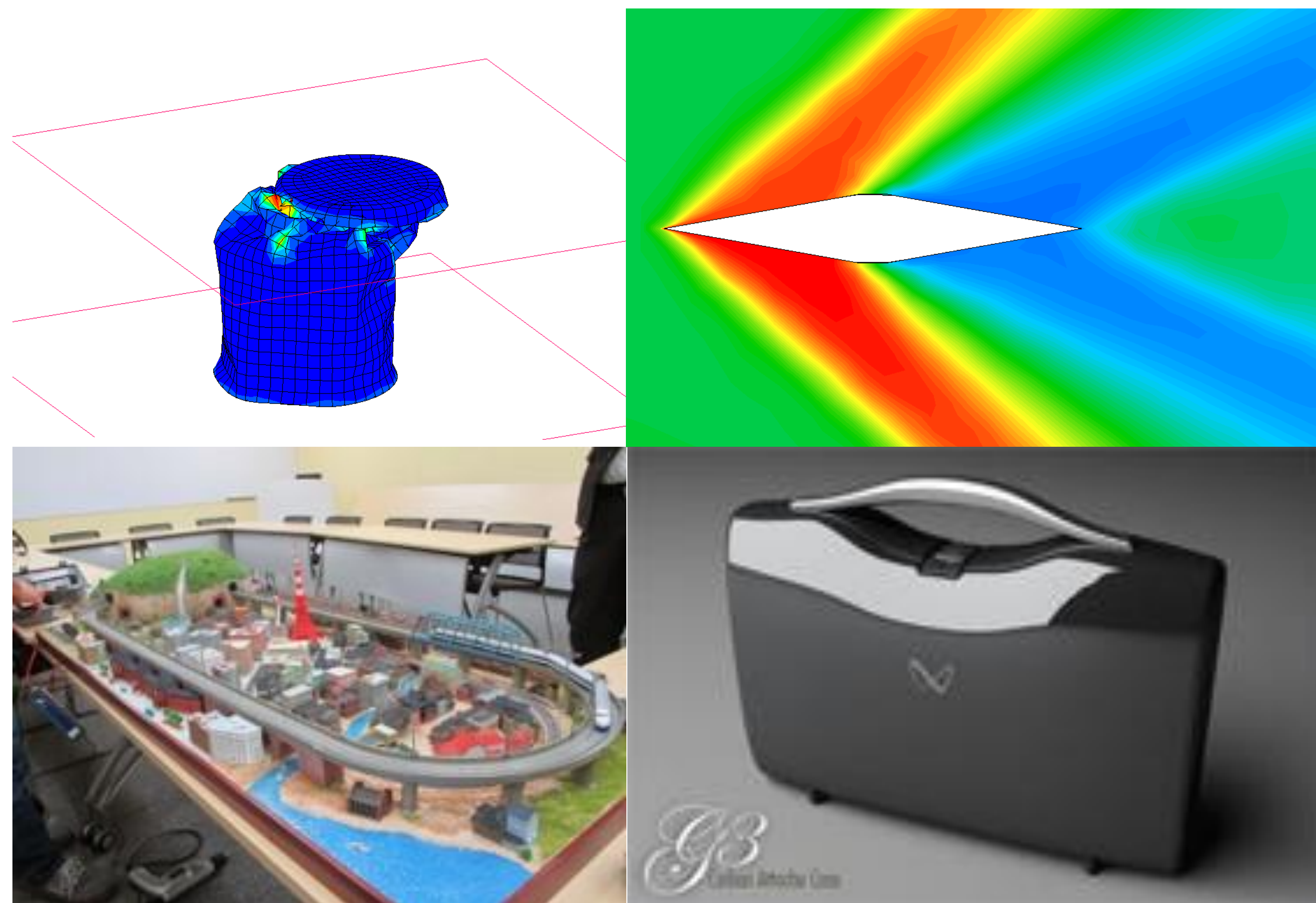
外資系ソフトウェア企業、外資系コンサルティングファームなどにおいて、自動車メーカーや家電メーカーでの製品開発分野におけるコンサルティングを担当。非線形構造解析、3次元CAD、PDM(製品情報管理)システム等の技術領域の業務を得意としている。また、ニコラデザイン・アンド・テクノロジーの代表として自社製品も開発。法政大学アーバンエアモビリティ研究所 特任研究員。



mfabrica合同会社

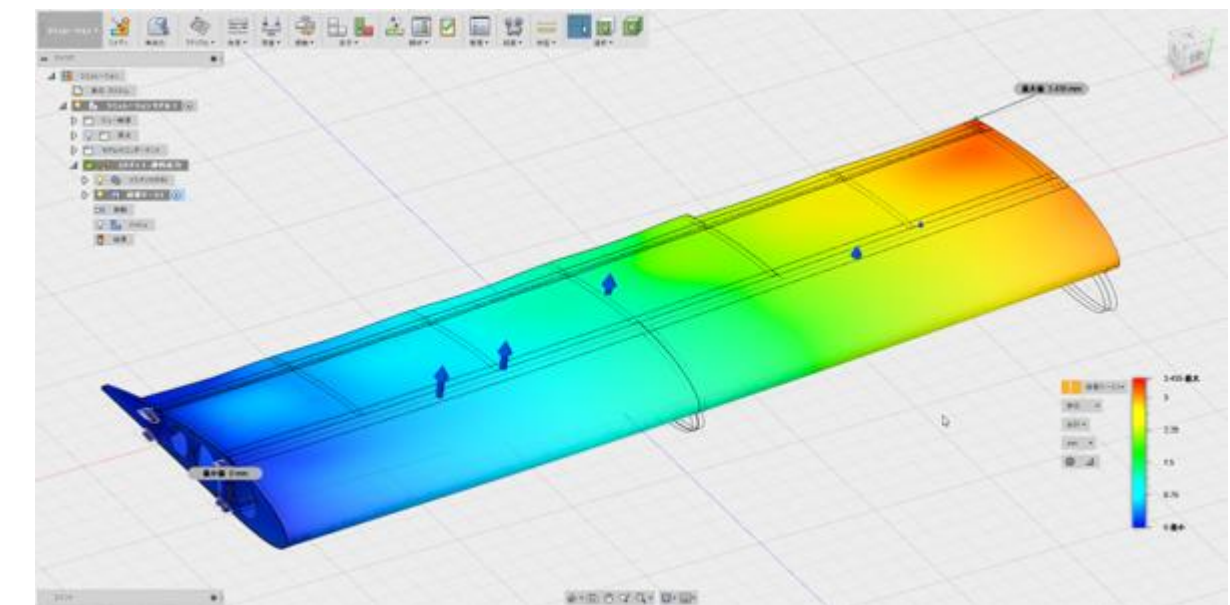
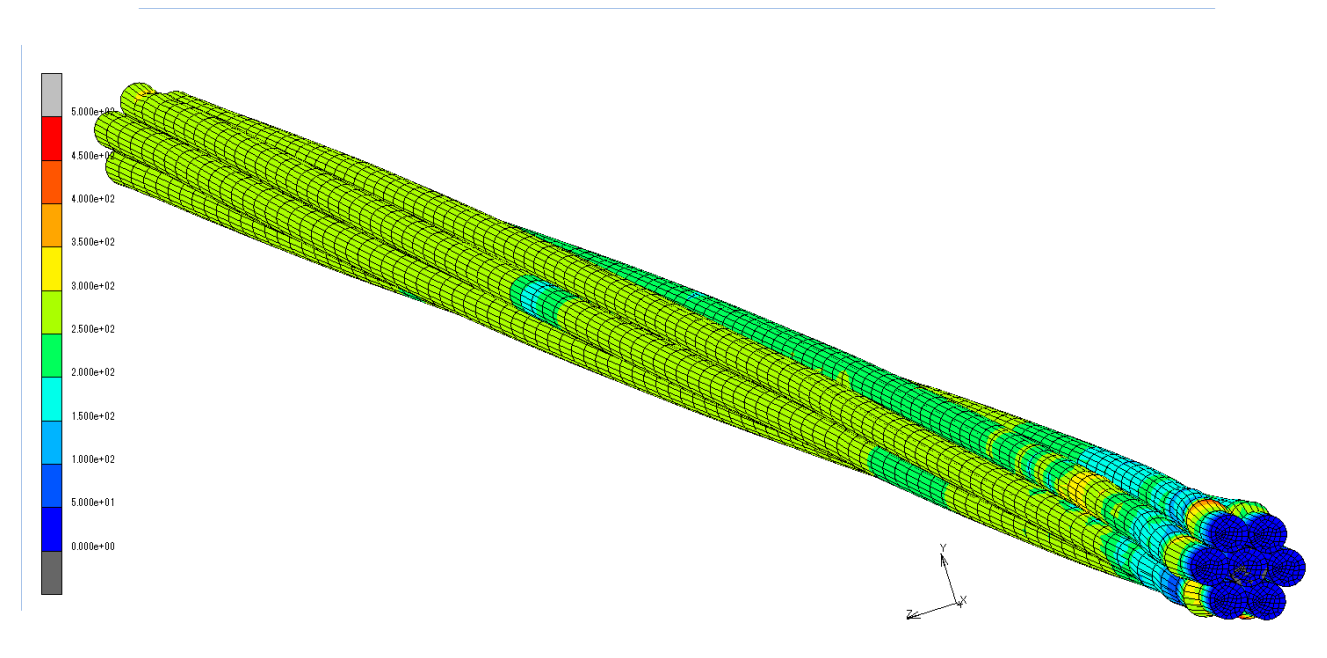
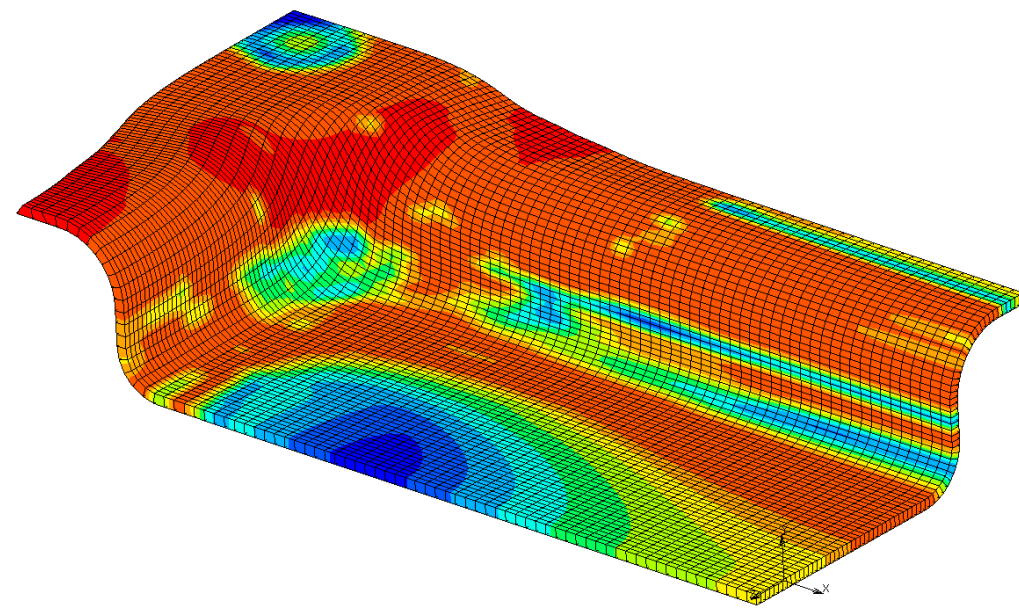
主要業務：

- ・ 各種シミュレーション業務：構造解析、熱流体解析、音響解析や複合領域の解析など様々な分野の解析に対応
- ・ 製品設計から試作、製造支援：一般的な製品設計からジェネレーティブデザインを活用した設計支援
- ・ PLM導入を含む開発プロセスツールの導入支援など



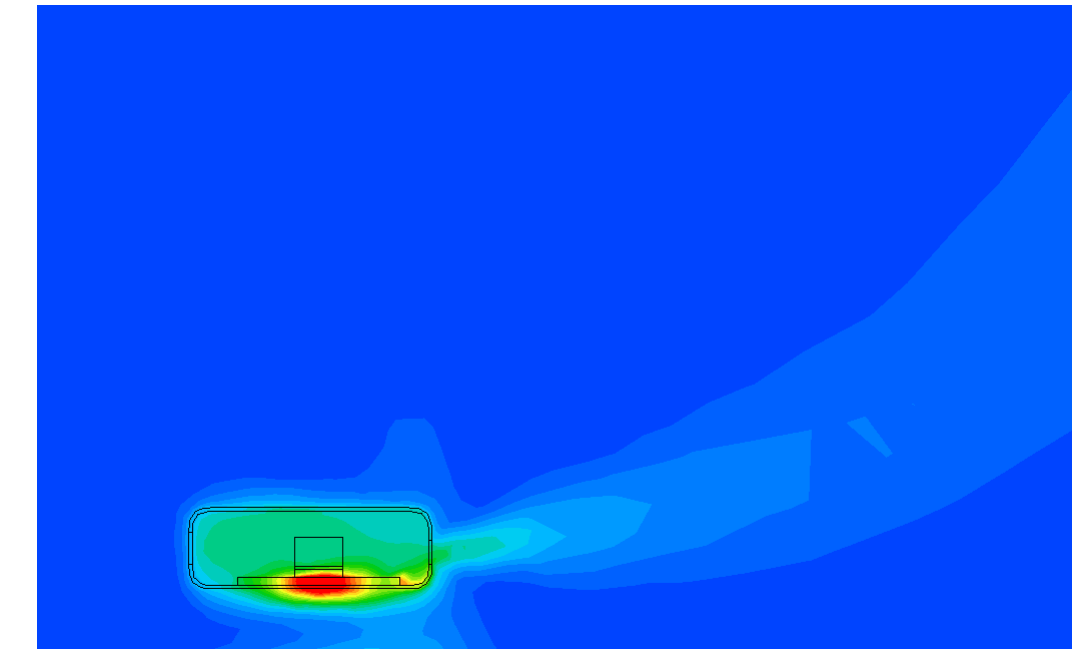
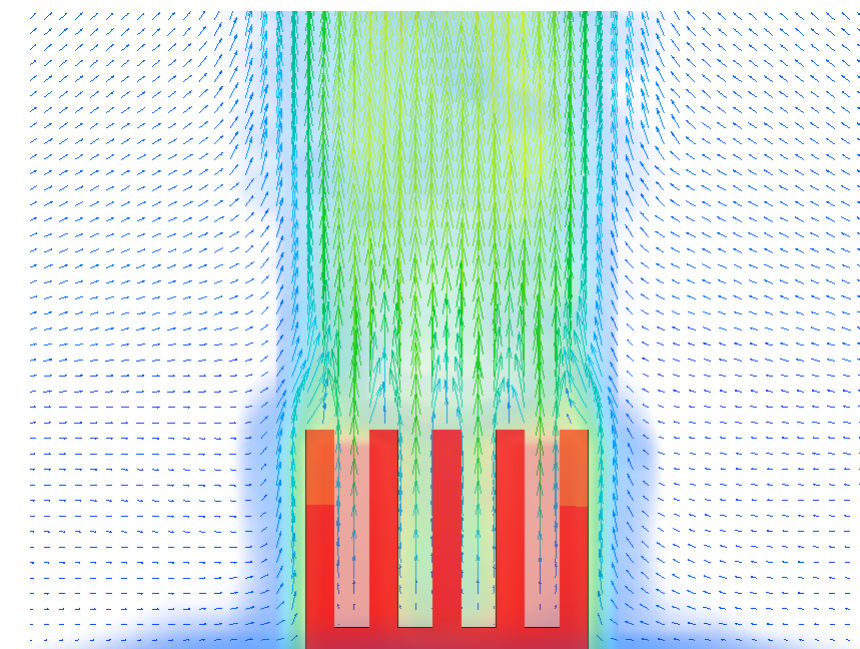
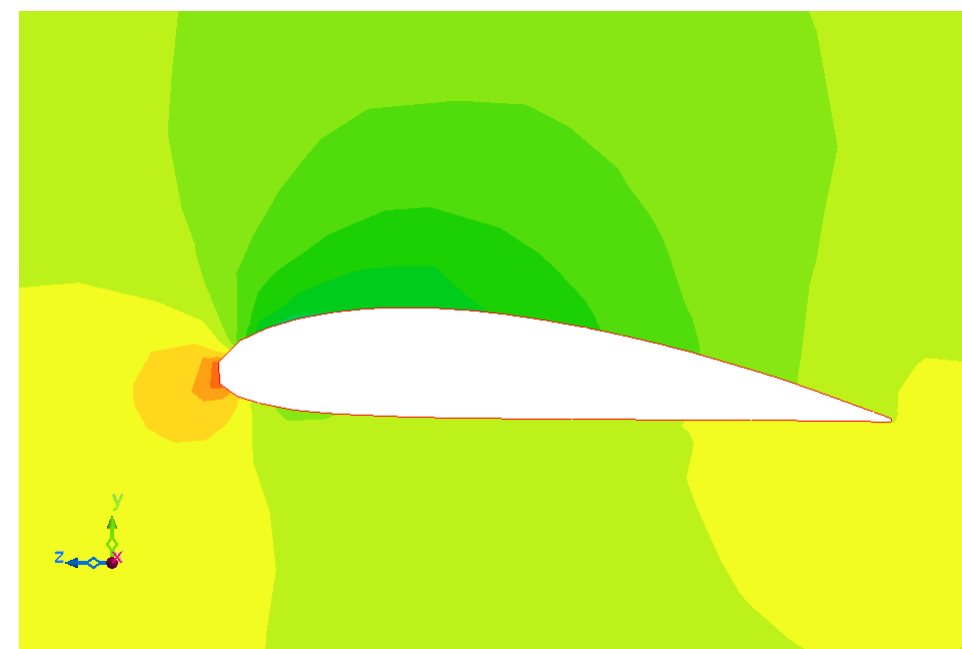
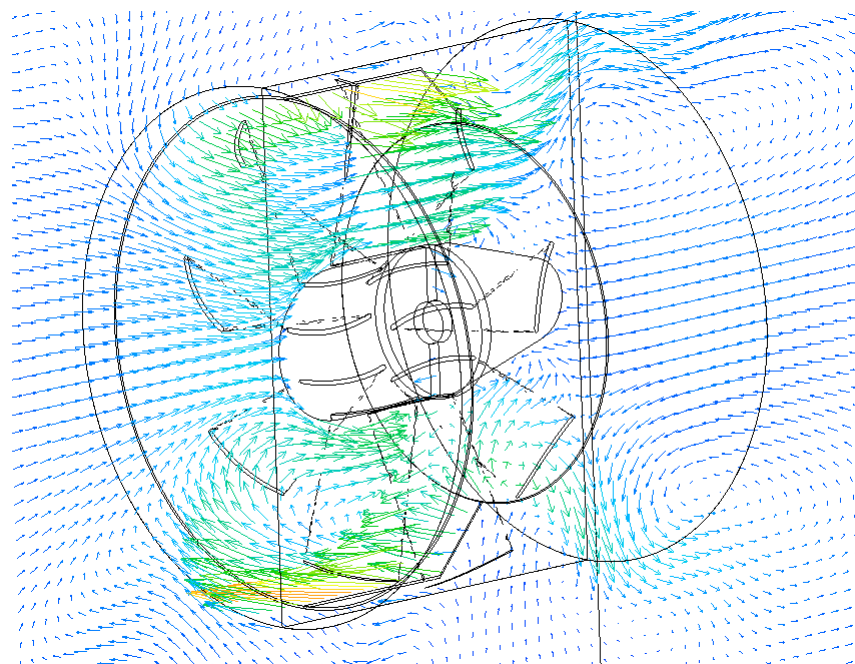
構造解析

製品設計/開発業務の中でのシミュレーションから、研究レベルのシミュレーションまで



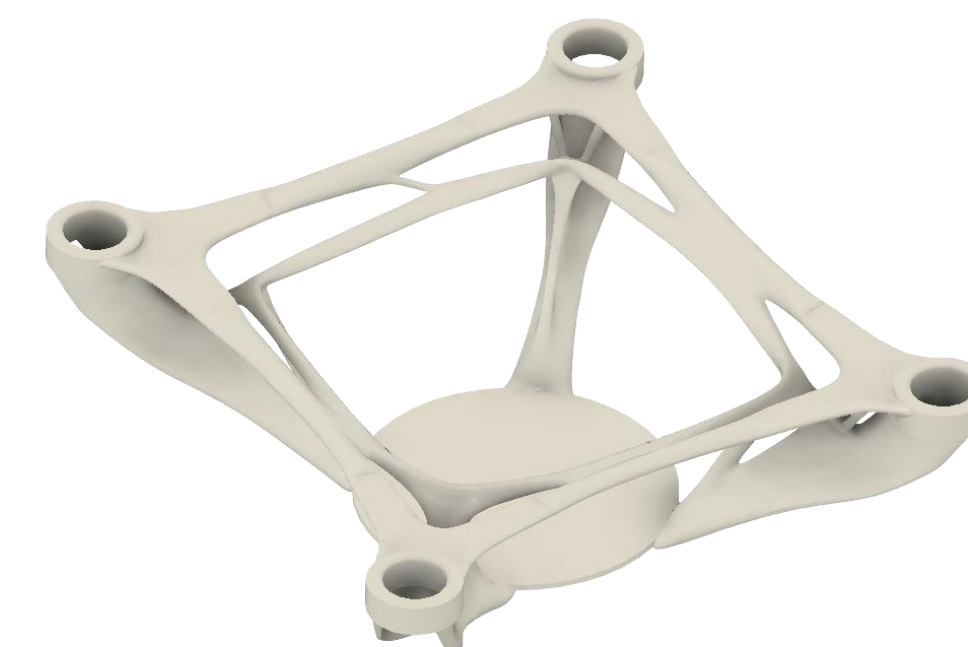
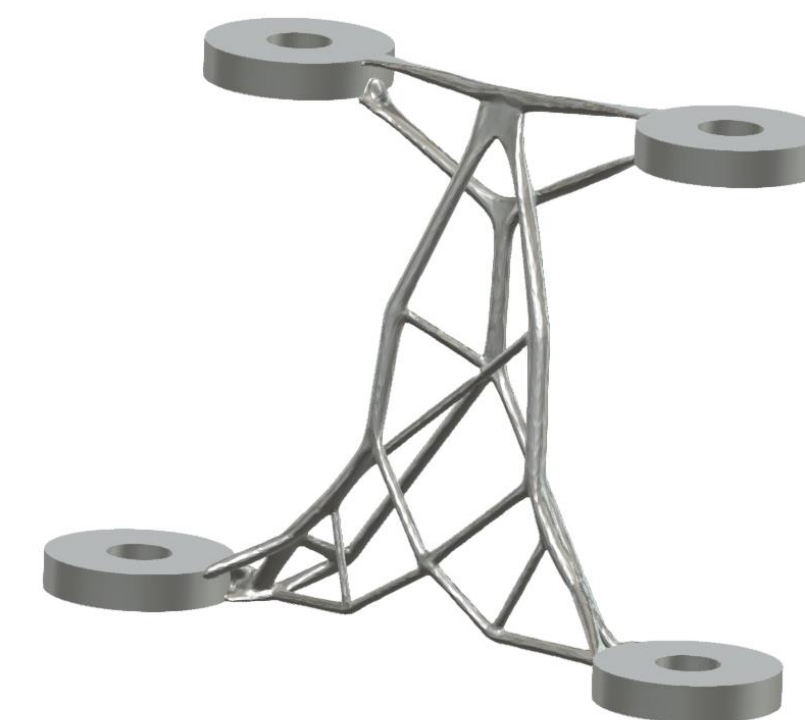
熱流体解析

製品開発の中で流れという目に見えないものを可視化し開発の支援



GENERATIVE DESIGN

UAM and Generative Design





柳澤 郷司

Triple Bottom Line

Founder / Design Director

英国 UCA 卒。ロンドン Therefore Design Consultancy で活動後、イギリス人工業デザイナー、ロス・ラブグローブ氏のスタジオへ R&D スタッフとして参加、氏の創作活動を支える。

2014 年、Triple Bottom Line を設立。量産品の意匠設計、新素材や工法の用途事例製作など R&D を主な業務としている。多数の国際展示会での招聘展示を行い、米国 CES やミラノサローネなどで自作品を発表。

ドイツ iF Design Award、CES Innovation Award 受賞多数

<http://triplebottomline.cc>

Many-Cell Soap Bubble Arrays

Where equal tensions exist in all the faces of a cellular array, the array equilibrates into an arrangement in which all shared faces meet at angles of 120° and all vertices are joined alike by four edges meeting at angles of 109°28'. This is exhibited in the random array of soap bubbles shown in [1.8].*

In soap-film behavior, nature has provided us with a most elegant demonstration of minimal principles. When studying a soap-film array, such as that shown in [1.8], we quickly note that neither pure rhombic dodecahedra nor pure truncated octahedra appear. The Kelvin minimal tetrakaidecahedron has been proposed as the archetypal soap-bubble cell. With the minimal tetrakaidecahedron Kelvin enlarged the class of truncated octahedra to include those whose faces are saddle-shaped hexagons bounded by plane arcs. The square faces of the truncated octahedron remain plane, but are necessarily also bounded by the same arc edges. This transforms the truncated octahedron to the minimal tetrakaidecahedron and satisfies the requirement in space filling array that three interfaces meet on a common edge at 120° angles and that four face edges meet at a common point at 109°28' angles. The minimal tetrakaidecahedron, like the truncated octahedron, has a fully triangulated dual network (tetragonal disphenoidal network).

*Such relationships were first recorded by Plateau in 1873 while experimenting with soap films. See Smith (1954), Courant and Robbins, and Thompson II, Chapter VII.

Since the minimal tetrakaidecahedron has slightly less surface area than the truncated octahedron, it presumably is the minimum-energy shape for an array of equivolume soap bubbles.

Although the Kelvin tetrakaidecahedron is the mathematically ideal minimal-energy equivolume cell shape, it rarely occurs in nature, for the simple reason that nature rarely partitions equally. The few known cases where it has been observed shows it in fairly distorted form. Matzke (1946) conducted experiments to create equivolume soap bubble arrays. He was unable to actually form the Kelvin minimal tetrakaidecahedron, but in a sample of 600 bubbles was able to show that, as an average, the polyhedra had 13.70 faces, very close to the 14. He also observed that a majority of the faces that appeared were pentagons. It is interesting to note that the tetrakaidecahedron has an average of 5.14 edges per face. Figure [1.9] shows camera lucida drawings made from bubble froths in Matzke's experiments. The predominance of five-sided faces is evident, as is the recourse to 3-connected vertices to the exclusion of all others.


1.8 Soap bubbles.


1.9 Camera-lucida drawings of soap bubble cells (Matzke). The number of faces is given for each figure.


We may continue adding hemispherical bubbles to our structure, and not once will an intersection appear in which there are other than three edges meeting at a point [1.10f-h]. If the bubbles are all of approximately equal volume all the polygonal circuits that are formed will be very close in shape to hexagons, except those at the periphery of the array. If there are great differences in the sizes of adjacent bubbles in a random array, shapes other than hexagons will appear: pentagons, heptagons, even octagons or more multisided circuits [1.11]. Nevertheless, there will still be no exception to the rule of three edges meeting at a point, and in sufficiently large arrays the shapes will tend to average out to ones of six sides. In all cases, the dual network will be triangular, although not necessarily equilateral.


In three-dimensional arrays of bubbles the rule appears to change to the extent that there are always four edges meeting at each vertex at angles of 109°28'. In actuality, the view of three edges meeting at a point at 120° is simply a *plan* (cross sectional) view of the three partition faces meeting on a common *edge* at 120° angles.*


*This is easily demonstrated with a wire frame tetrahedron dipped in soap. (See Thompson


a. 


b. 


c. 

d. 

e. 

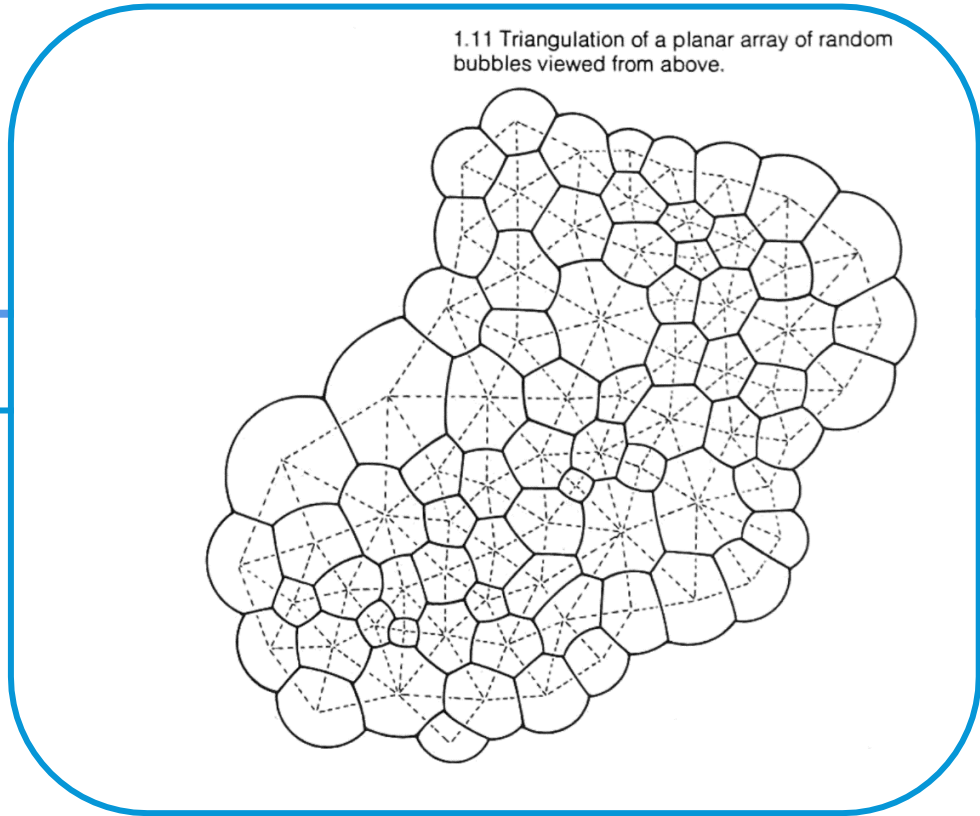
f. 

g. 

h. 

1.10 Simple planar combinations of hemispherical soap bubbles viewed from above. The "square" array (e) is unstable.

Nature bubble arrays system:Structure in nature is a strategy for design (MIT press: 1978)



Closest Packing of Circles

Closest Packing of Hexagons

1.2 Triangulation of two-dimensional closest packed arrays.

1.3 Figures formed by closest packed equal spheres.

a. Cuboctahedron

b. Regular Hexagon

c. Tetrahedron

d. Octahedron

e. Cube

Triangulation

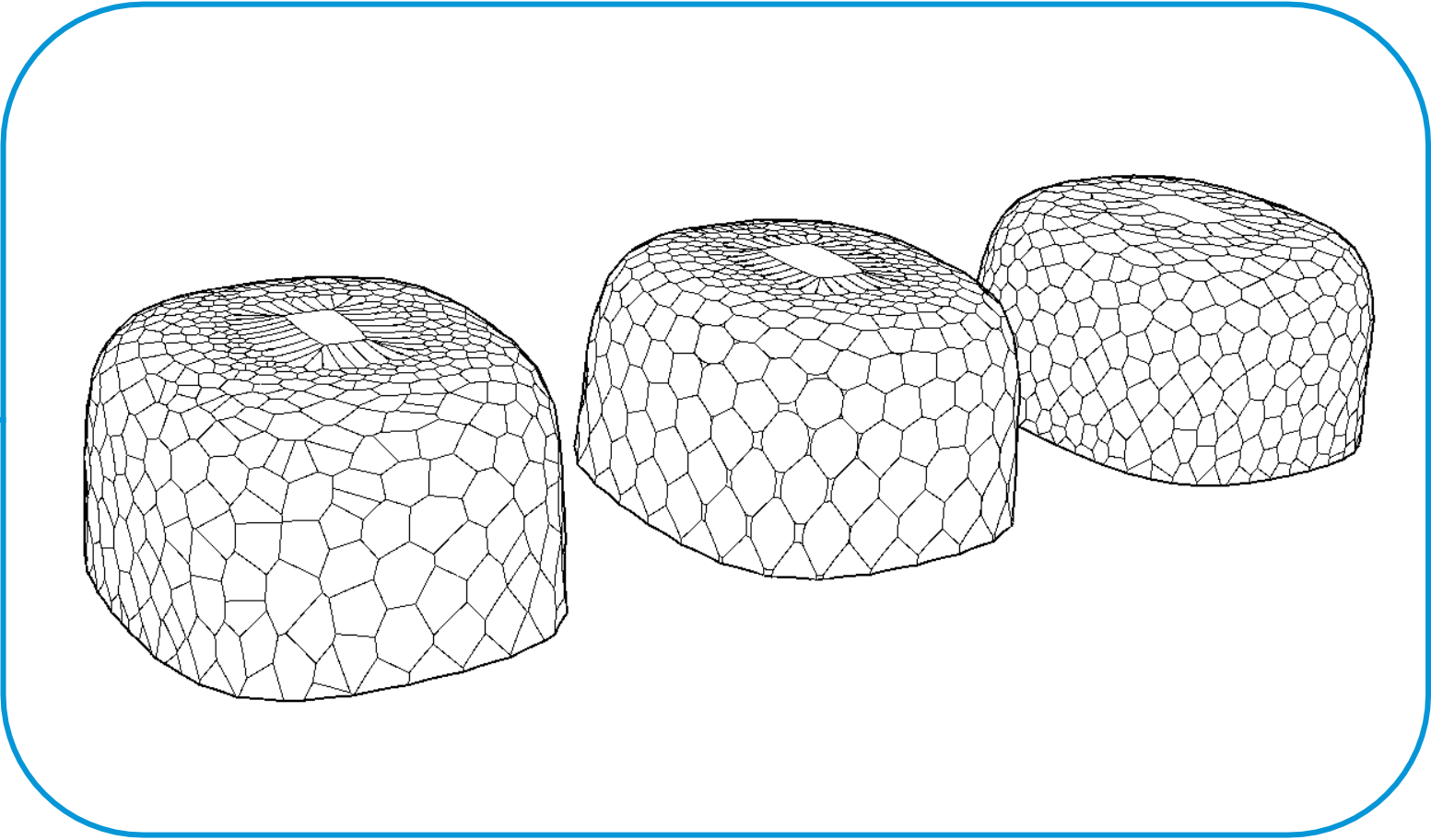
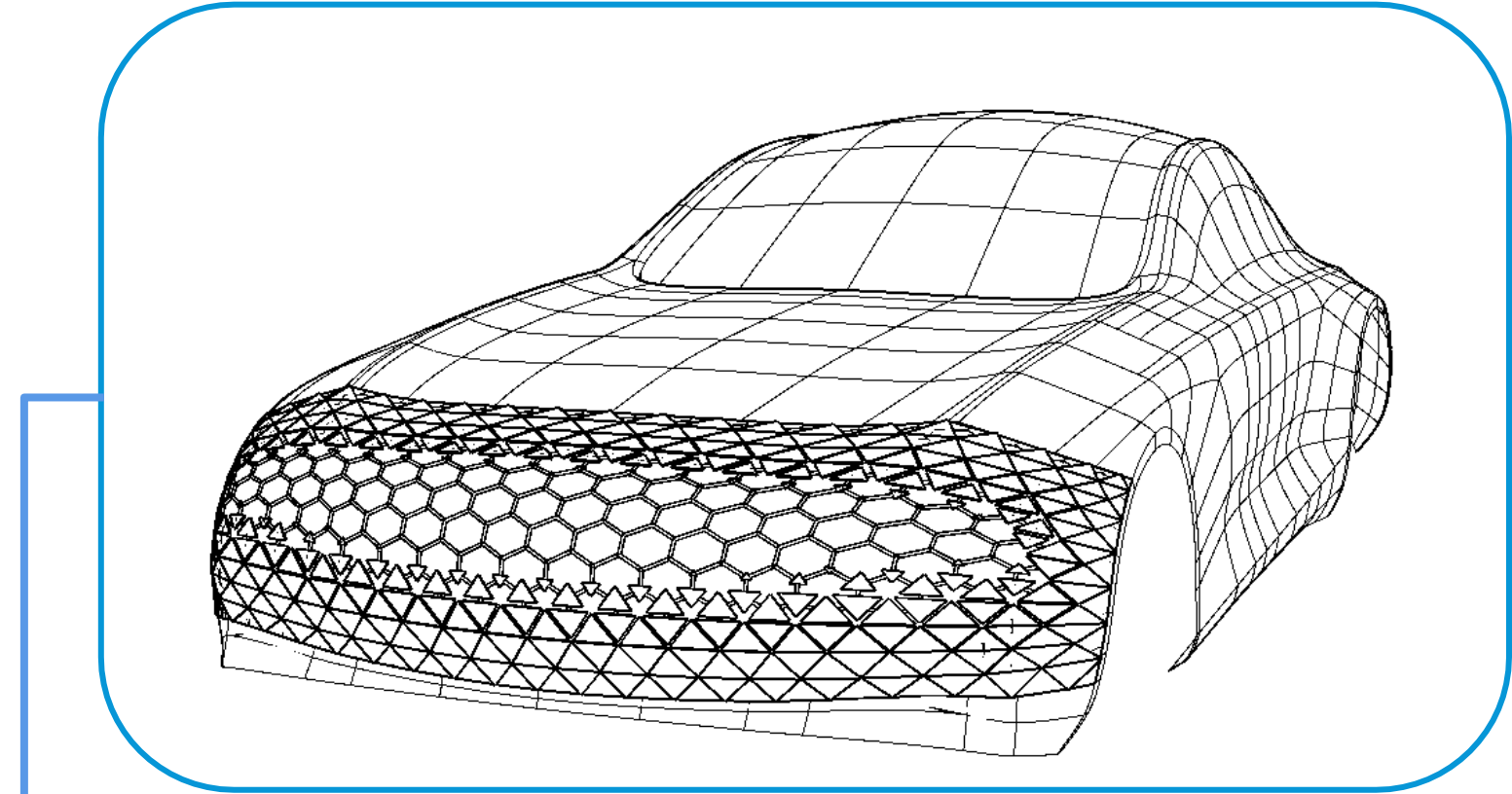
The repeated use of triangles in a structure is a fundamental principle in the design of close-packed arrays. From structural analysis, it is evident that those required for a stable structure, e.g., the closest packing of spheres. If circles are packed as closely as possible, the resulting faces are triangles.

In a three-dimensional array of spheres, the outer polyhedron is a cuboctahedron [1.3a]. In a close-packed array of spheres, the outer polyhedron is a cuboctahedron.

If six equal spheres are packed together, the centers of the spheres form a cuboctahedron. The cuboctahedron is a polyhedron with 14 faces: 8 squares and 6 hexagons. The cuboctahedron is a stable configuration of 14 close-packed spheres.

Consider the diameter of each of the spheres. The diameter of the cuboctahedron is the same as the diameter of the spheres.

Adaptive triangulated geometries applied onto 3D curved surface based close pack theory(MIT press: 1978)



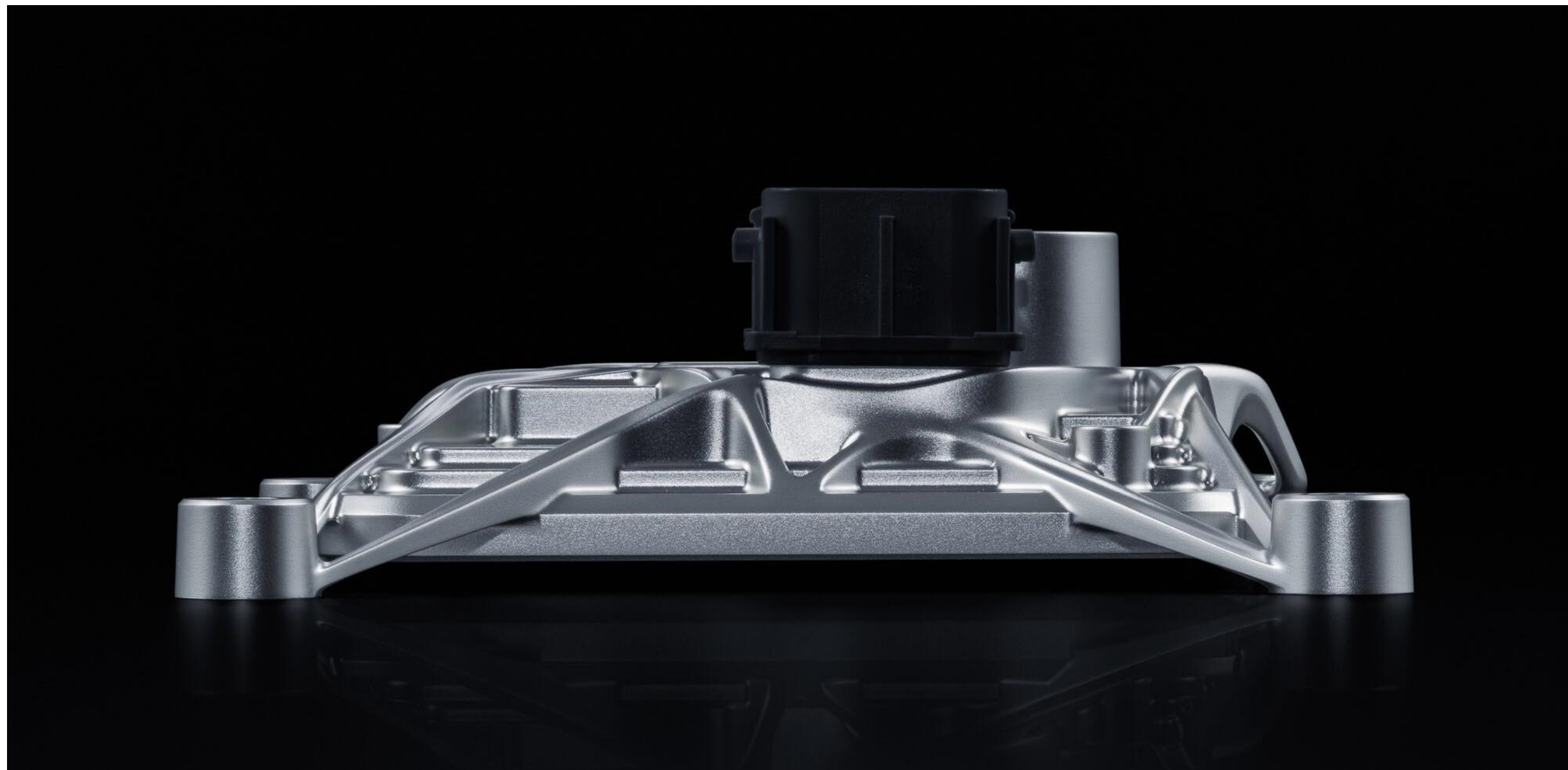
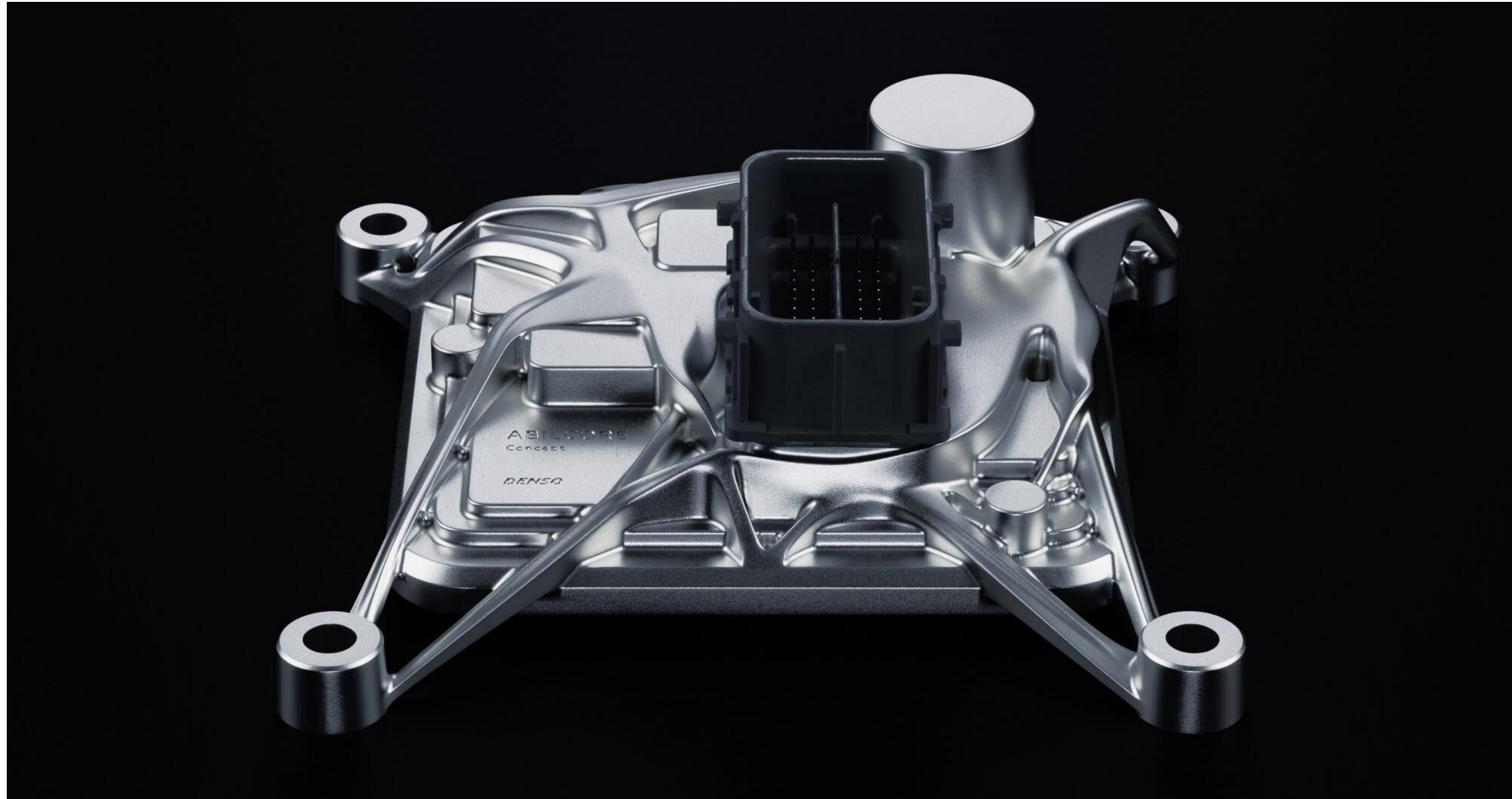
Planar array system of triangulation of random bubble applying onto 3dimensional geometry (MIT press: 1978)

Explanation of our computational design flow





Project “Myth Android”
Creating brand new Eams chair by generative design
CAE+3D Scanned Geometry, Machine learning , Generative Design



DENSO advanced ECU concept design project

ジェネレーティブデザインによる 革新の可能性

ジェネレーティブデザインがデザイナーや設計者にもたらすことができる価値とは何か。単なる軽量化だけに限定されない、多種多様な利用目的とはどんなことか。従来では想像もつかなかった設計案を生み出すことができる最新設計手法は、今後どのような可能性をもって発展していくことを利用者は望んでいるのか。

本日のトピック

- ジェネレーティブデザインとは
- 利用者側の課題と利活用に向けた予備知識
- ジェネレーティブデザインによる革新の可能性
- まとめ

ジェネレーティブデザインとは

リサーチ & ヒアリング結果

- ジェネレーティブデザインとは、特定の制約を満たす特定の数の出力を生成するプログラムと、プログラムの変数が含まれる区間の最小値と最大値を変更することで実行可能領域を微調整するデザイナーを含む反復的な設計プロセスです選択する出力の数を減らしたり増やしたりするために、一連の制約を満たします。
- ジェネレーティブ デザインとは、人工知能によるテクノロジーの一種です。クラウドと機械学習のパワーを活用して、設計から製造までのプロセスを加速させます。
- ジェネレーティブデザインとは、あらかじめ与えられた要件に対して最適な設計を自動的に生成する手法です。
- ジェネレーティブデザインは日頃繰り返される多種多様な案の試行錯誤プロセスを素早く同時に行うことで、最適解へ短時間で到達するためのアプローチです。
- ジェネレーティブ デザインは、自然が進化する手法をデザインで模倣するもの。
- 人間とコンピューターが共同で作り出すデザイン。また、その制作手法。

要約すると

ジェネレーティブデザインとは

- あらかじめ設定された様々な要件や異なる材料/製造方法ごとに、
- それぞれの目的にフィットする最適な案を、
- AIやクラウドを活用しながら自動かつ並行的に、
- 繰り返し反復計算させることで最短時間で形状として導き出し、
- 利用者に提案してくれるテクノロジー

ジェネレーティブデザインの種類

トポロジー最適化
(シェイプ最適化)



ここではSIMP法に代表される一般的なトポロジー最適化についての話になりますが、テクノロジーとしてはそれなりの歴史をもっており、ジェネレーティブデザインの開発においても基礎的なアイデアの基になっています。

F AUTODESK[®]
FUSION 360[™]

I AUTODESK[®]
INVENTOR[®] PROFESSIONAL

Fusion 360
ジェネレーティブデザイン



Fusion 360のジェネレーティブデザインでは、分類としてはトポロジー最適化の計算手法の一つであるレベルセット法を採用するとともに、複数の製造条件と素材をクラウドテクノロジーの活用により並行処理し多数の案を生成できることが特徴です。

F AUTODESK[®]
FUSION 360[™]

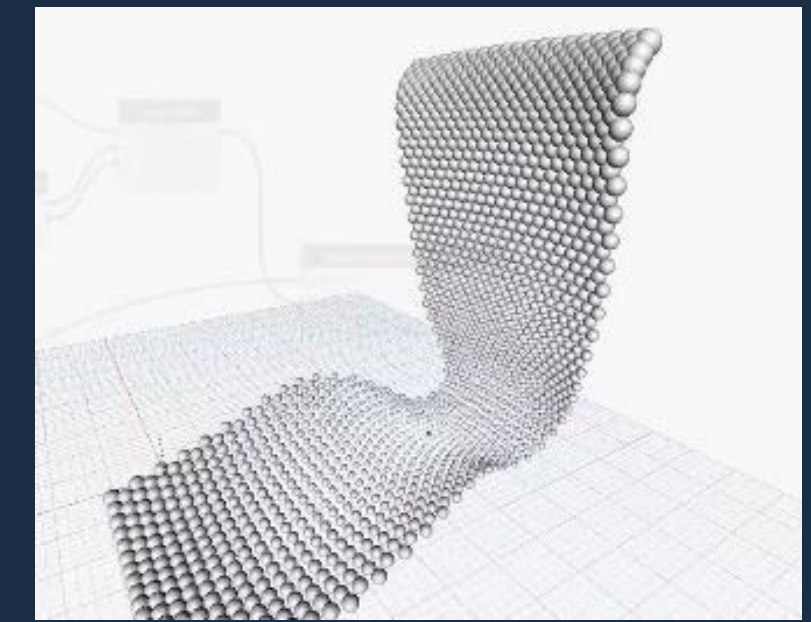
ラティス



ジェネレーティブデザインという言葉でひとくくりにされていることが多いですが、出来上がる形状は格子形状の生成をさします。コンフォーマルクーリングなどに向いており、3Dプリントの利用が必須です。解析により、密度のコントロールが可能なことがポイント

N NETFABB[®]

ビジュアルプログラミング



デザイン目的での利用が多い。通常の3DCADモデリングでは困難、または時間がかかるようなランダムなパターン系の作成が得意で、建築やプロダクトデザインなどに広く利用されています。

D AUTODESK[®] DYNAMO STUDIO

お題その1

「ジェネレーティブデザインとは何ですか？」

お題その2

**みなさんのジェネレーティブデザインとの
出会いを教えてください。**

お題その3

**みなさんが、
ジェネレーティブデザインでやりたいこと**

お題その4

「ジェネレーティブデザインをしたい！」

と思ったら、まずどこから始めたらよいのでしょうか？

利用者側の課題と利活用に向けた予備知識

お題その5

**最初にみなさんがぶつかった
課題は何でしたでしょうか？**

お題その6

**課題点が見つかった時は、
どの様に問題を解決されているのでしょうか？**

お題その7

**ジェネレーティブデザインを利用して、
良かった！と思ったことはありますか？**

お題その 8

**これから利用する方々には
どのような事前準備をお勧めされますか？**

ジェネレーティブデザインによる革新の可能性

お題その9

**ジェネレーティブデザインは
どんな目的で利用すると効果が高いでしょうか？**

お題その10

**そもそも、
理想的なジェネレーティブデザイン
とはどんなイメージをお持ちでしょうか？**

お題その 1 1

**みなさんは、
他のデザイナーやエンジニアの方に
ジェネレーティブデザインを推奨されますか？**

お題その12

**これから5年後、10年後には
ジェネレーティブデザインは
どうなると予想されますか？**

お題その13

**ジェネレーティブデザインは
製造業に革新をもたらすテクノロジー
となるでしょうか？**

まとめ



Autodesk and the Autodesk logo are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

© 2020 Autodesk. All rights reserved.