

AI建築入門 グループワークテーマ

FEM解析とAIを活用した
パラメトリック建築設計最適化

建築設計における現状

- 近年、建築設計は**多様な性能**（安全性・経済性・環境性能・快適性・施工性など）が求められ、ますます**複雑化**している
- 特に**意匠性（デザイン性）と構造合理性の両立**が求められ、**自由形状や複雑形状**の建物が増えている
- 設計者は設計案を手動で修正しながら、**経験や試行錯誤**に頼って構造検討を行っている



効率の良い設計手法はないだろうか・・・？



パラメトリック設計とは？

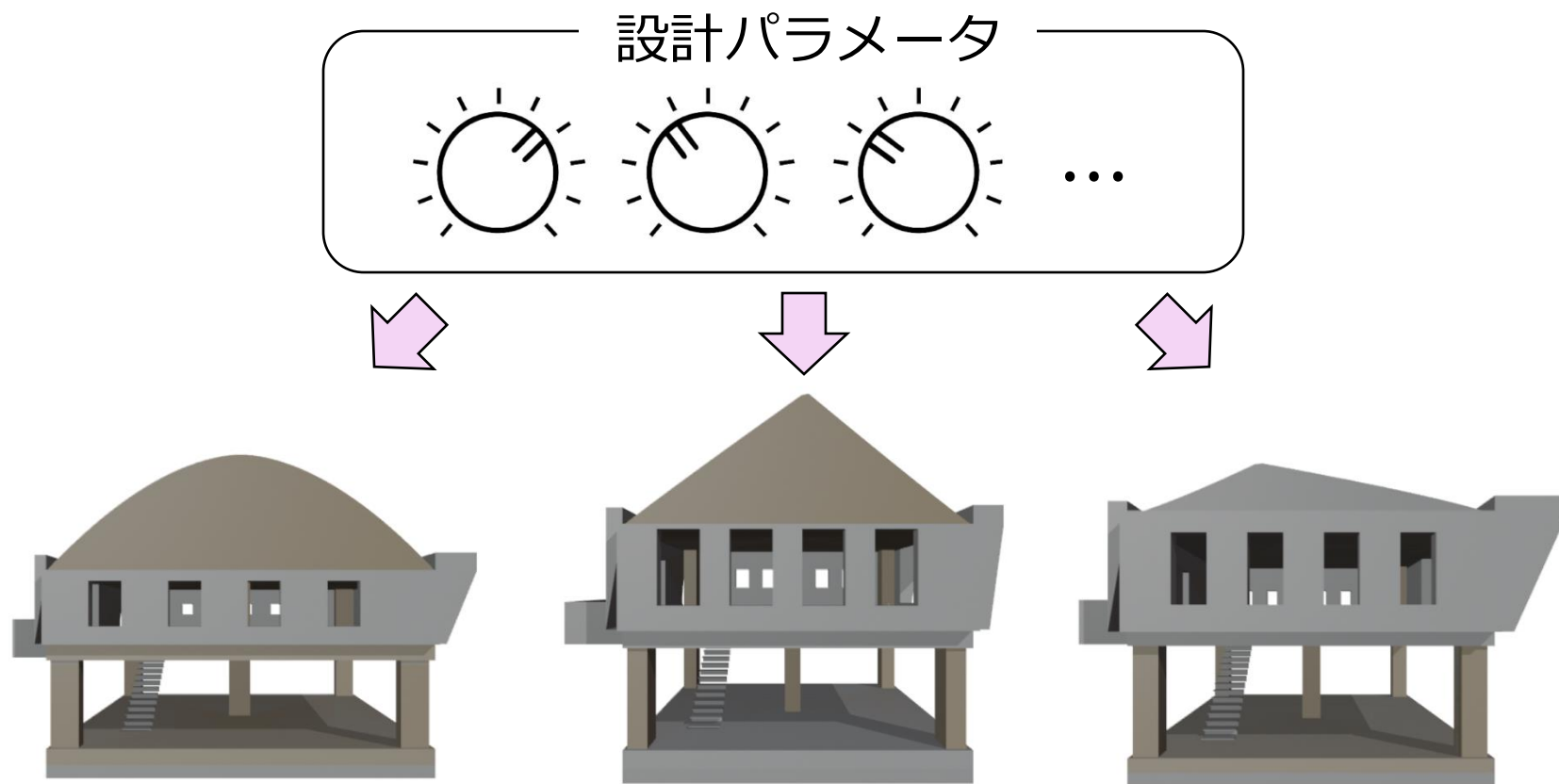
- パラメトリック設計とは、**パラメータ（設計変数）とルールを設定し、形状や設計結果が自動で生成・更新される設計手法**
- 設計者が寸法・材料・性能などのパラメータを定義すると、モデルは即座に再計算され、新たな形状や**性能評価**が得られる
- これらの操作・更新は、**CADやモデリングツール上で行われるものであり**、ソフトウェアが自動的に形状を再構築する

従来の設計 vs パラメトリック設計

従来の設計	パラメトリック設計
固定的な形状	可変的な形状
手動で図面修正	パラメータで自動更新
限定的な検討案	無限の設計可能性
経験に基づく判断	データ駆動型最適化

パラメトリック設計の利点

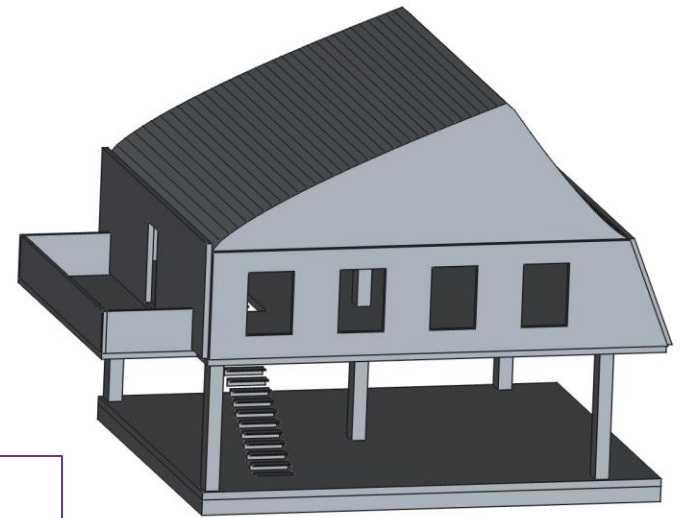
- 手作業でなく、**ルールに従い**自動で形が変わる（アルゴリズム駆動）
- 設計変数（長さ・高さ・角度など）を変えれば、**自動で全体が更新**
- 設計者は**結果を選ぶ**立場となり、効率的に適切な解を探せる



建築設計の複雑性

建築設計では、以下のような**相反する要求**を同時に満たす必要がある

- **構造安全性**: 地震や風荷重に対する耐性
- **経済性**: 建設コストと維持管理費の最小化
- **環境性能**: CO2排出量の削減
- **居住快適性**: 採光, 通風, 空間の広がり
- **施工性**: 建設の容易さと工期



パラメトリック設計で建物を作っても
これらの指標を評価（計算）する必要がある！



どうやって
設計した建物を
評価するのか？

パラメトリック設計の評価手法

- **パラメトリック設計の課題**

- パラメータ変更 → 形状変化 → 構造性能は？

- **従来の構造計算：**

- 単純な梁理論では複雑形状に対応不可
- 傾斜壁，曲面屋根の応力分布は手計算困難
- パラメータ変更の度に構造計算をやり直すのは**非現実的**

それを実現する方法が，FEM（有限要素法）解析

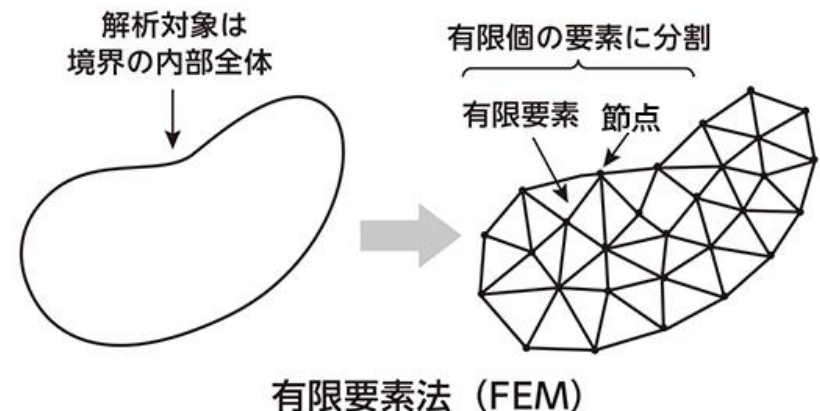
- **FEM解析でできること：**

- 任意の3D形状を自動的に解析
- 応力分布を詳細に可視化
- パラメータ変更に即座に対応し，**評価指標を自動計算**

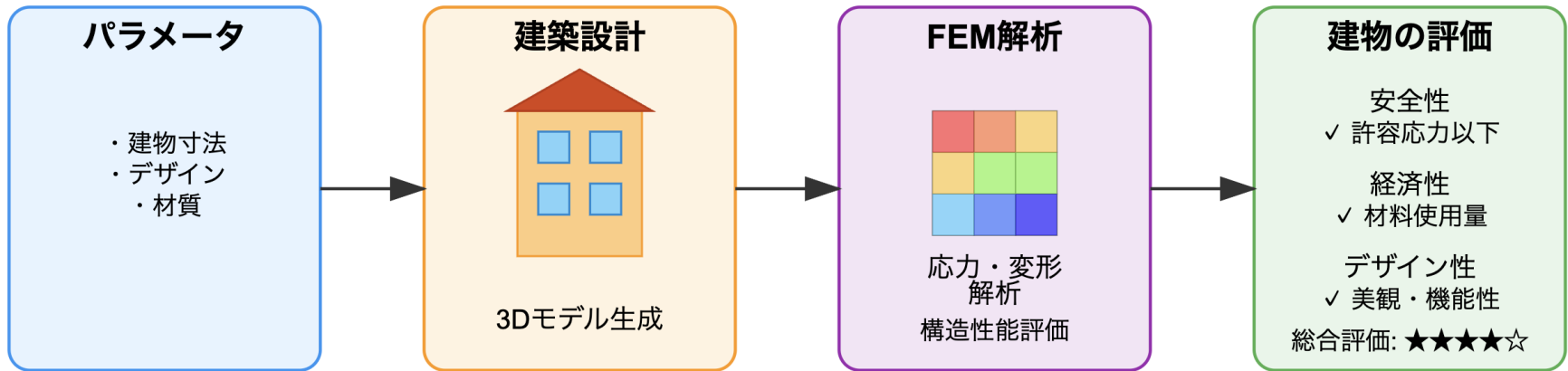
FEM : Finite element method (有限要素法)

複雑な構造物を小さな「**要素**」に分割して解析する手法

1. メッシュ生成 (要素分割)
 - 複雑な建物形状 → 数万個の四面体要素に自動分割
 - 要素が細かいほど精度向上 (計算時間も増加)
2. 各要素での方程式
 - 各要素で力の釣り合いの式を立てる
3. 全体の連立方程式を解く
 - コンピュータが高速に解を計算
4. 応力や変形を可視化



パラメトリック設計 + FEM解析



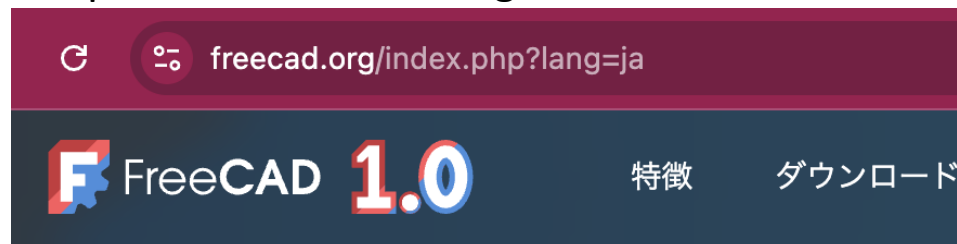
設計パラメータを指定 → 建築設計 → FEM解析 → 建物の評価

この一連の流れコンピュータ上で**自動化**

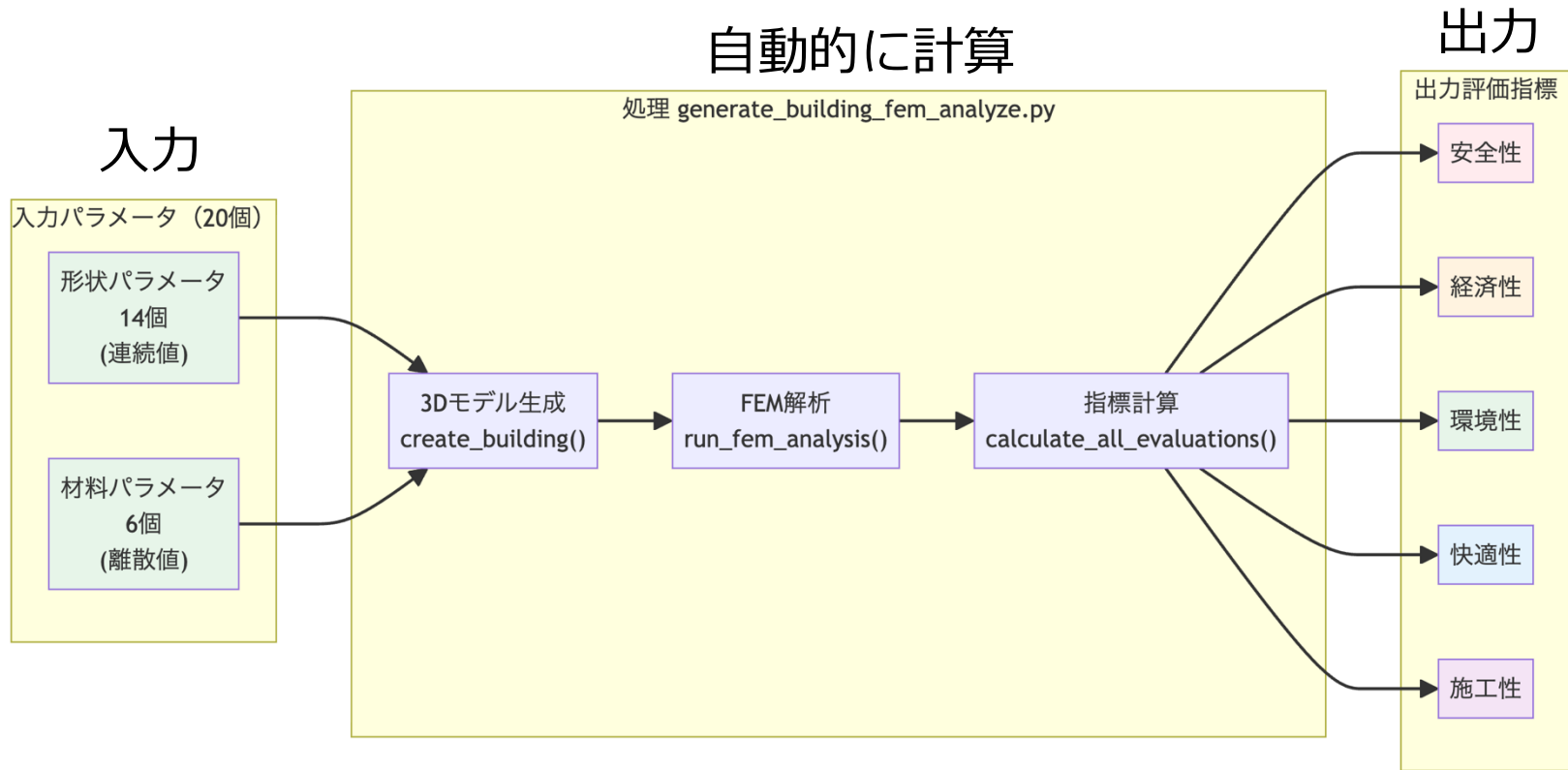
FreeCADとPythonにより実装



<https://www.freecad.org/>



AIを活用したパラメトリック建築設計の最適化



設計パラメータ（入力）を変更することで様々な建築デザインが可能となるが、

- その中で最適なデザインを発見できるか？
- そもそもデザインにおける**最適**とは何か？

