

アルゴリズムを用いたレシプロカルフレーム構造による地域図書館の構造デザイン

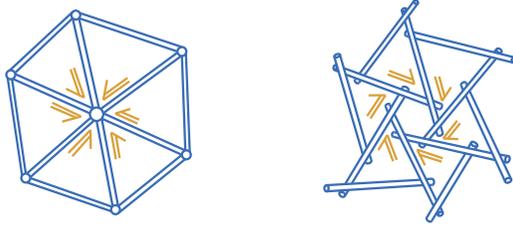
STRUCTURAL DESIGN OF A REGIONAL LIBRARY WITH RECIPROCAL FRAME USING COMPUTATIONALS ALGORIZM

東京電機大学大学院 清水秀太郎



レシプロカルフレーム構造の概要

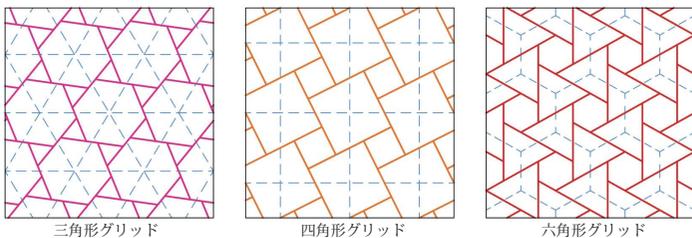
レシプロカルフレームは1つの節点に部材が集中することを避け、部材同士が互いに他の部材を支持し合う構造形式である。短い部材の組み合わせで大きな曲面を構成できる特徴を持ち、12世紀始めから木造架構に用いられてきた。近年では、アルゴリズム・デザインという設計手法を用いることにより、複雑に組まれたレシプロカルフレームが正確に設計されるようになった。本研究では、自由曲面で与えられた屋根面に対してアルゴリズムを用い、3次元的なレシプロカルフレームを構造体とした地域図書館の設計を試みた。



レシプロカルパターンが持つ剛性

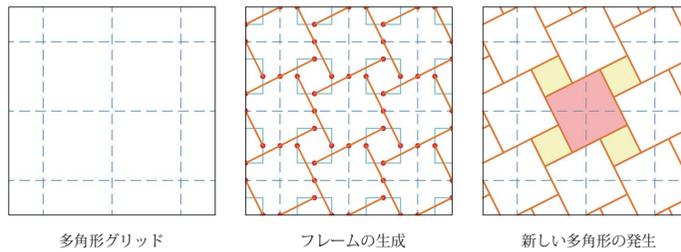
三角形、四角形、六角形の3つのグリッドから生成されたレシプロカルフレームに対して構造解析を行い、レシプロカルパターンの持つ剛性特性を示す。三角形グリッドから生成されたレシプロカルフレームは大型の六角形と小型の三角形で構成され、四角形グリッドから生成されたレシプロカルフレームは大小の四角形から構成される。また、六角形グリッドから生成されたレシプロカルフレームは、大型の三角形と小型の六角形で構成され、三角形グリッドから生成されたパターンを逆転したレシプロカルフレームとなる。

解析結果より三角形グリッドモデルが最も剛性が高いため本設計のレシプロカルフレームに採用する。



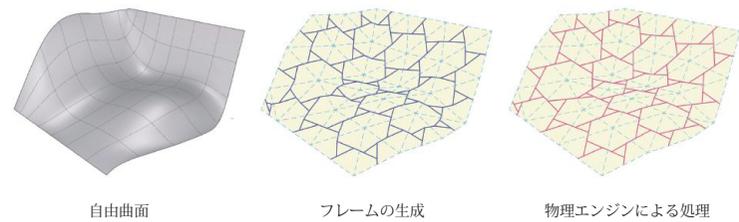
レシプロカルフレームのアルゴリズム

自由曲面に対して3次元的なレシプロカルフレームを構成するにあたり、多角形グリッドで分割された自由曲面からレシプロカルフレームを構築するプログラムをGrasshopperによって作成した。多角形グリッド各辺の中点から縮小したグリッドの各辺の中点を線で結び、それを交差点まで延長することによってレシプロカルフレームを作成している。レシプロカルフレームの交わる箇所は、参照したグリッドの多角形となり、それらが組まれることによってもう1つの同一もしくは異なる多角形が生成される。

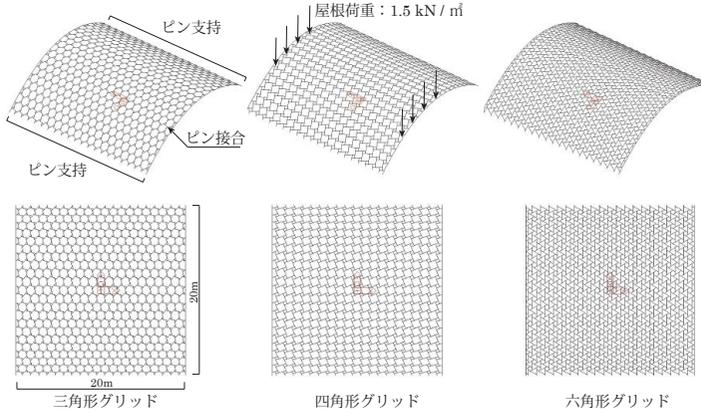


自由曲面に対してアルゴリズムの適用例

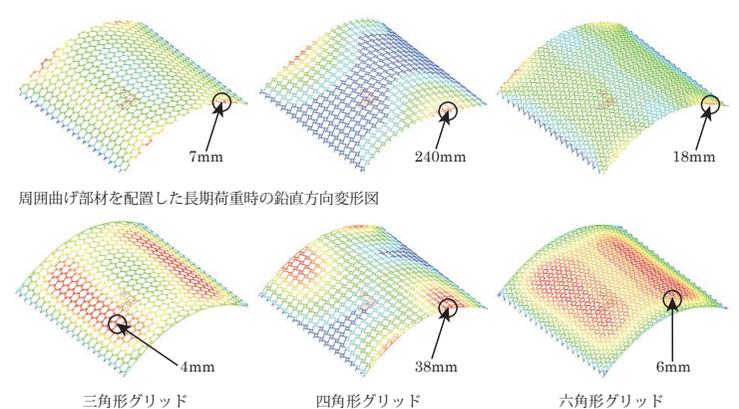
自由曲面から生成された3次元的なレシプロカルフレームは、隣り合う多角形ユニットのフレームが面外に折れ曲がるため、直線材にならない問題が生じる。そこで、Grasshopperのプラグインである物理エンジン Kangaroo を用いて、仮想のバネを持つ材が水平になるまで折れ点に力を加え、得られたジオメトリのみを構造形態に採用する。



パターン解析モデル



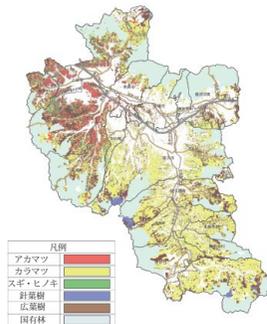
長期荷重時の鉛直方向変形図





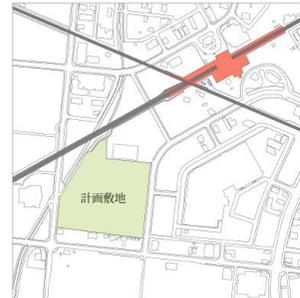
設計趣旨

敷地のある長野県佐久地域では、戦後、多くのカラマツが植林され、カラマツが人工林の約8割を占めている。カラマツは木材乾燥時における割れや狂いが出やすいため、建材としては適していない。しかし、近年における木材の利用・加工技術の進歩により集成材として大規模木造建築物に使用されるようになった。カラマツ資源を多く抱える佐久地域では、昨今の公共建築物における木材利用促進の視点から、カラマツを使用した建築が新たな文化になりうる可能性がある。本設計では、カラマツ集成材を用いた地域図書館を計画することで、カラマツを主体とした文化交流・創出の場を築くことを提案する。



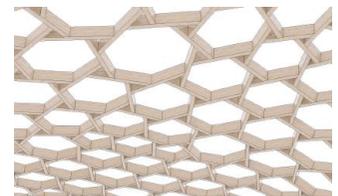
計画敷地

計画敷地は佐久市の市民交流広場であり、北陸新幹線佐久平駅から徒歩2分の場所に位置する。市民交流広場は当初から公園として計画されていたのではなく、大型の音楽ホールを主体とした総合文化会館の建設が計画されていた。しかし、2012年の住民投票により中止となり、佐久市が実施した佐久市次世代育成支援に関するニーズ調査に寄せられた151件の意見から建設予定跡地は公園になる。佐久市の新たな文化創出の地は、約1.2haの広場に芝生が植えられただけとなった。本計画では、芝生の広場の一角に地域図書館の設計を行い、公園に文化交流・創出の拠点としての機能を持たせる。



木造架構

屋根面の構造体にカラマツ集成材を用いたレシプロロカルフレームを採用することにより、木のぬくもりに覆われた温かな図書空間を計画する。

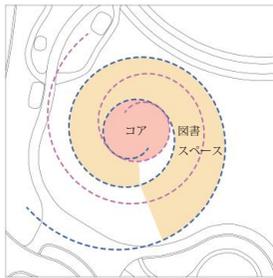


平面計画

対数螺旋 $r(\theta) = (ae^{b\theta}\cos\theta, ae^{b\theta}\sin\theta)$

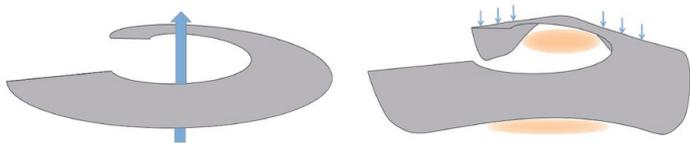
r: 原点からの距離 e: ネイピア数 a, b: 実数

対数螺旋を用いることによって、人の流れが自然と中央に引き寄せられる平面形状にした。ゾーニングは、2本の対数螺旋を用いて行い、コア部分とそれを取り巻く図書スペースのゾーンに分けた。図書スペースは、大屋根で覆った一体的な空間とし、シーンが螺旋状の動線に沿って連続的に展開される。



屋根形状のスタディ

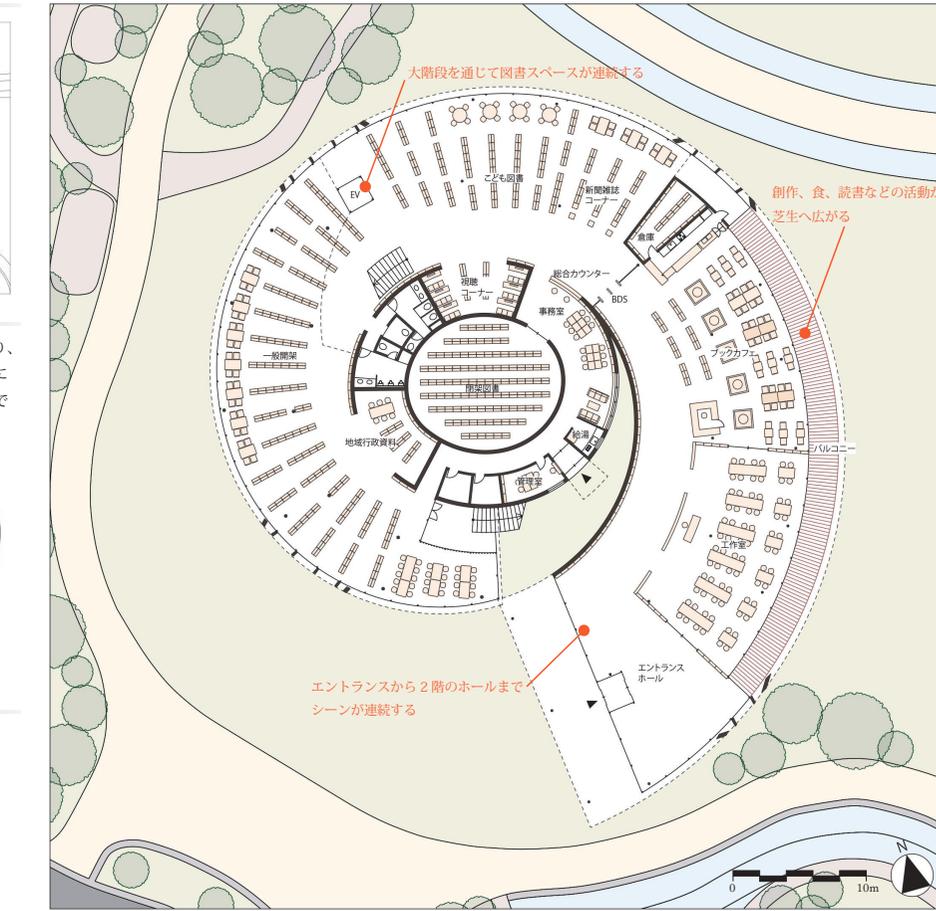
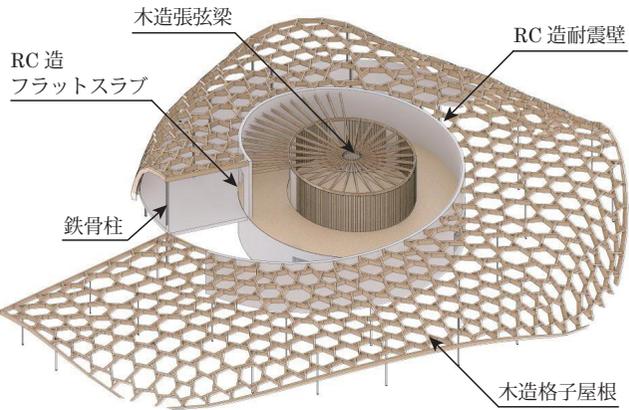
対数螺旋の平面形状をZ軸方向に持ち上げ、1階から2階へ連続する屋根形状を考えた。これにより、1階と2階の図書スペースが分断されず、ゆるやかに連続していく。次に、屋根面の半分を平面計画に沿って地面に着地させ、空間の分節を図った。屋根面を下げることによって開口を生じさせ、連続的でありながらも単一にならない空間を計画した。



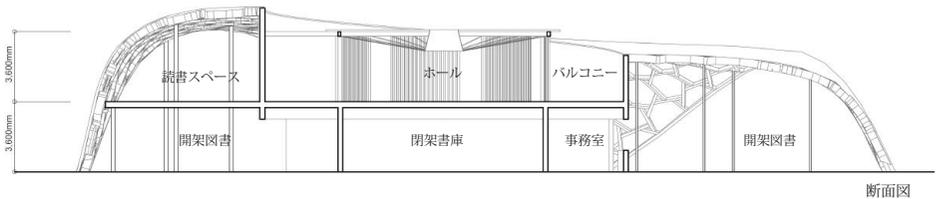
屋根を上方向に持ち上げる

屋根面を着地させ内部空間を分節

構造計画



1階平面図兼配置図



断面図



Grasshopper プログラム

