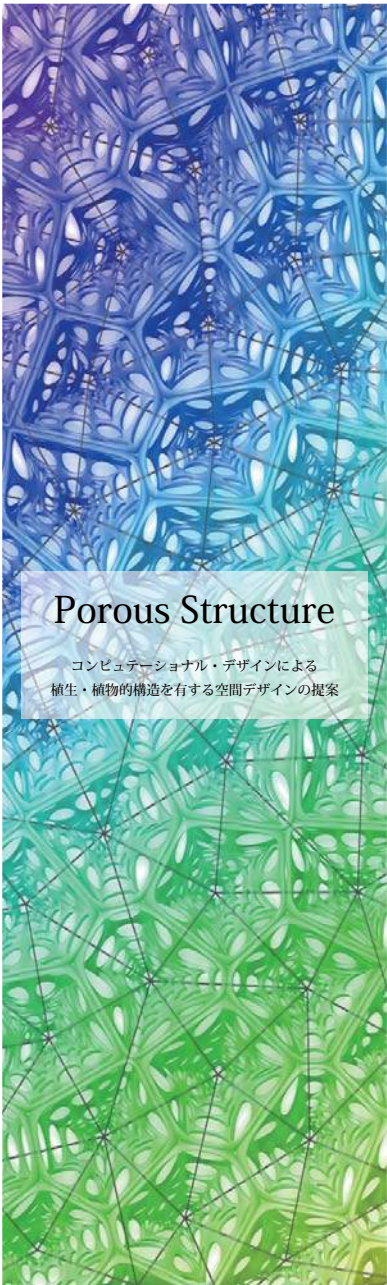




Porous Structure

コンピュータショナル・デザインによる
植生・植物的構造を有する空間デザインの提案

背景・目的

近年、建築デザインにおいて、3次元CADやBIMを用いたコンピュータショナル・デザインと、レーザーカッターや3DプリンターなどのCNCファブリケーション技術が注目されている。この2つの技術の発展・普及により建築デザインの可能性が広がり、以前よりも高度で自由なデザインが可能になりつつある。本制作は、コンピュータショナル・デザインを用いて、自然界の造形を手がかりにした空間デザインの提案を目的としている。自然が生み出す現象的な造形と植物固有の造形原理、目視的な要素と微視的な要素の2つの要素をもとして、独立した部材が互いに支え合う空間デザインを計画した。気

「バイオミミクリ空間の試行」

私は、2009年度から、武蔵野大学伊藤研究室の「バイオミミクリ空間の試行」の活動に参加している。一昨年度、日本建築学会大会デザイン発表会「多重螺旋配列を用いた構造体—空間デザインのバイオ・ミミクリ的試行：その4—」(2013年)で、伊藤泰彦氏は、活動について以下のように記している。「本活動は、『自然と科学技術の縁』を探ることでもある。生物のカタチには、生物にとっての合理性がある。しかしそれは、人間にとっての合理性（生産性や構造解析上の合理性）とは必ずしも合致しない。生物の形態原理(力)に、『環境との呼応』『成長の時間軸』『リスクヘッジ』を読み解いてきた。その形態原理を浮き彫りにするため、Pliability, Self-build というキーワードを掲げている。細かな要素が寄り添いあるいは連続し、成長の原理を支える柔軟性を獲得しようと考えている。また、時に煩わしさを伴うカタチの特徴を、自主制作の過程



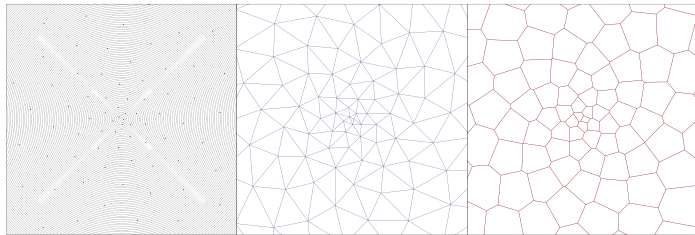
図1: 植物の固有の形態原理を用いた空間デザイン



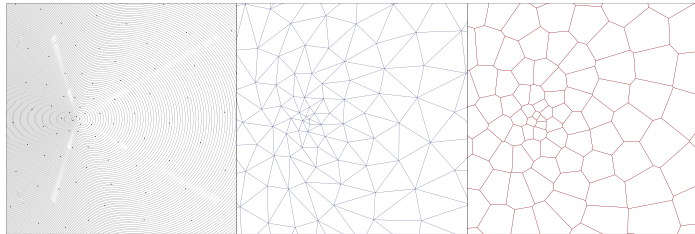
図2: モチーフとなる植物

を通じて身体で感じ取るのである。」(伊藤泰彦) この活動では、生物の生み出すカタチの観察から、新たな空間デザインの制作に取り組んできた。(図-1)「バイオミミクリ空間の試行」は、Biomimicry, Pliability, Selfbuild の3つのキーワードを掲げている。Biomimicry: 生物のカタチの観察を通して、生物固有の合理性に目を向ける。Pliability: 生物のカタチに潜む、細かな要素が寄り添いあるいは連続している成長の原理を支える柔軟性を読み解き、構造と空間性の一体化を図る。Selfbuild: 形態的特性をデザインだけにとどめず、生物の成長過程を制作のプロセスの中に取り入れ応用する。同時に、組立・解体・再生が可能な空間を実現する。こうしたテーマを持った活動の中で、「多重螺旋を生む点の配列パターン」は幾つかの植物にみられる形態原理を読み解いたものである。この形態原理は、松、たんぽぽの花弁・綿毛、ひまわりの花弁・綿毛、木の葉等の植物にみられる。(図-2)

「多重螺旋を生む点の配列パターン」を用いた2次元デザイン



Pattern01 同心円



Pattern02 中心をずらした同心円

植物にみられる固有の形態原理「多重螺旋を生む点の配列パターン」

「バイオミミクリ空間の試行」の2010年度に研究テーマである松のカタチに関する研究・多重螺旋を生む点の配列パターンを用いた2次元デザインについて記述する。松の形態考察を行うにあたり、さまざまな種類の松を観察・収集することから始めた。松の鱗片1枚1枚測りし鱗片の採寸を行ったり、鱗片の配列の観察を行うなどの形態観察の中で、松がいくつかの螺旋によって構成されていることを見つけた。(図-3) アカツには5重と8重の螺旋、カラムツには3重の螺旋、タイオショウには13重の螺旋と、縦横によって確認できる螺旋が異なっていた。この松がいくつかの螺旋によって構成されている特徴に注目し、鱗片の配列を平面に置き換え描画を試みた。試行錯誤の末、平面に等間隔の同心円を描き、内側から外側に向かって、137.507764...度回転させながら、順に点をプロットする方法にたどり着く。この時の角度は、360度を黄金比(1:1.618033...)で内分した角度である。点を中心から順に

繋ぐと1重螺旋、中心の点から奇数番目、偶数番目で、繋ぐと2重螺旋が作図できる。nの倍数番目を順に繋いでいくと、n重螺旋を描く事が出来る。この点の配列パターンをもとに、二つの2次元デザイン「ドローネー風」「ボロノイ風」に落とし込むと、多重螺旋・黄金比といった植物が持つ形態原理を認識・示唆することができる。ドローネー風とは、点の集合の中で、個々の点を結んだ時のそれぞれの最短の距離を示す図形である。作図方法は、点同士の間隔の距離で点を繋いでいくと三角形の集合が作図できる。この三角形を「ドローネー三角形」という。ボロノイ風とは、点の集合のそれぞれの領域を示す図形である。作図方法は、ドローネー風の直線をそれぞれの中心で、90°回転させ、各点の周囲を回転させた線で囲うように多角形を描く。この多角形は、「ボロノイ領域」といい、この多角形がそれぞれの点の領域を示す。(図-4) 上記した同心円に点をプロットする作図方法だけではなく、中心をずらした円や、外側にいくにつれて円の間隔が短くなる同心円、黄金角で回転させた多角形など、様々なヴァリエーションで2次元デザインに取り組んできた。

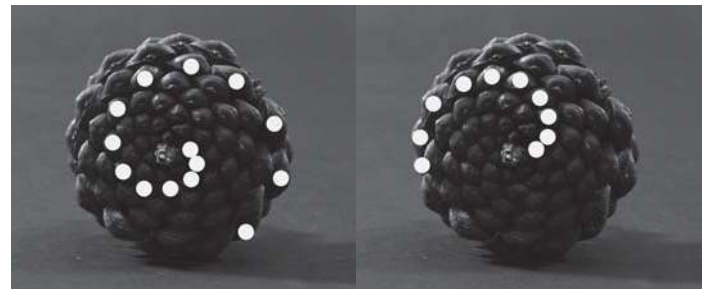


図3: 松からみられる多重螺旋

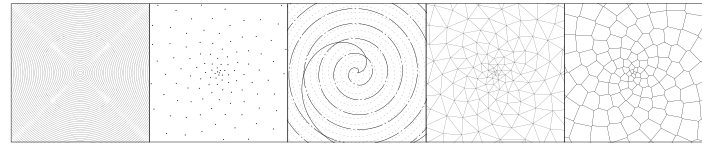
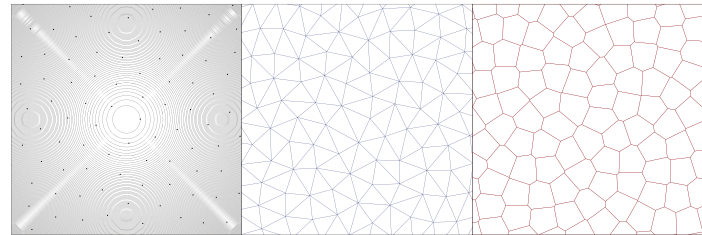
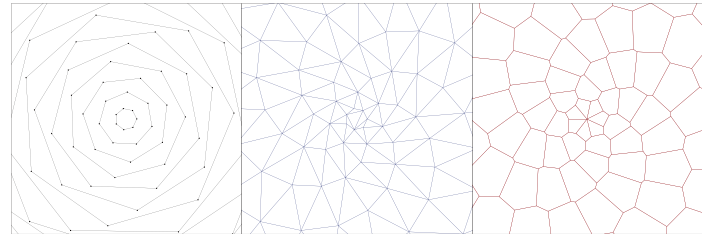


図4: 多重螺旋を生む点の配列パターンを用いた2次元デザイン



Pattern03 円の端線が狭まっていく同心円



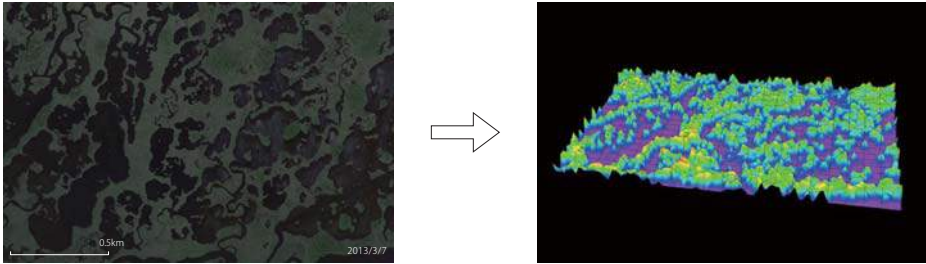
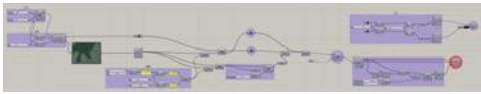
Pattern04 正七角形

Undulation from Air photograph

天気・気温・降水量・風といった気候風土、地理的位置、動物や植物などの生態系等の、様々な要因からその地域特有の地形が生み出される。(図・5) この地形は、人工では決して生み出せない造形である。自然が作り出す現象的な造形、特徴のある植生が作り出す地形の航空写真をもとにしたアンジュレーションの制作を試みた。3Dモデリングソフト「Rhinoscenes」の専用プラグイン「Grasshopper」の様々な機能のコンポーネントを用いて、特徴的な地形の航空写真を取り込むとアンジュレーションが生成されるプログラムを作成した。(図・6)

航空写真の画像サイズに合わせたグリッドに等間隔に点を配置していき、それぞれの点の色相情報 (HSV色空間における、H) を抽出し、抽出した色相情報をZ方向の情報に置き換え、もともと地形の特徴をアンジュレーションに変換した。

地形の特徴をアンジュレーションに変換して、自然が生み出す現象的な造形をもとにした一つのランドスケープを生成する試みである。



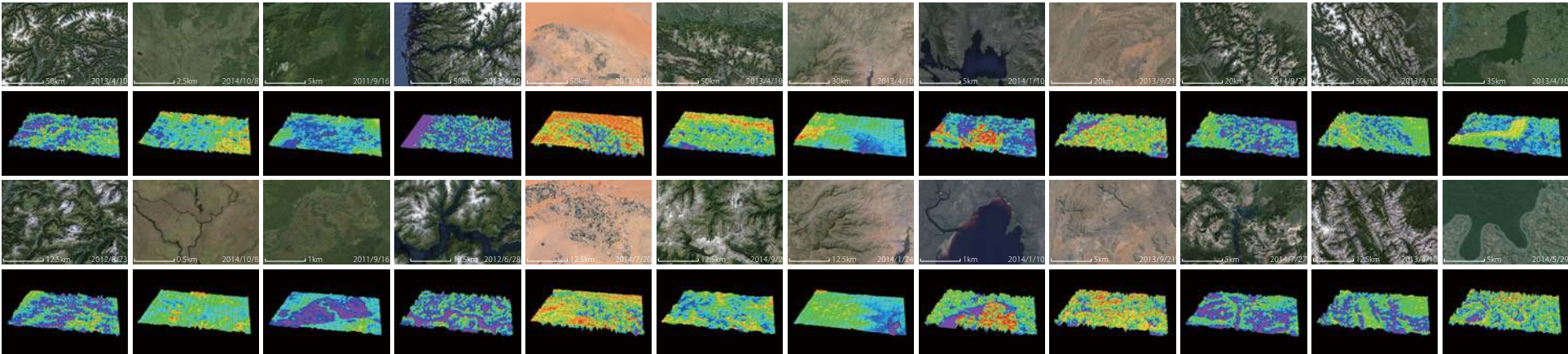
- Eurasia continent
- ① Italy Provincia di Belluno Eastern Alps Dolomiti
 - ② Japan Hokkaido Kushiro Marsh
 - ③ Japan Fukushima, Tochigi, Gunma, Niigata Oze National Park
 - ④ Norway Sogn og Fjordane Sogne Fjord
 - ⑤ Saudi Arabia Ha'il Center pivot irrigation
 - ⑥ Spain Aragón Pyrenées - Mont Perdu
- African continent
- ⑦ Ethiopia Amhara Region Simien National Park
- Australian continent
- ⑧ Australia Tasmania Southwest National Park Bathurst Harbour
 - ⑨ Australia Western Australia Purnululu National Park
- North American continent
- ⑩ America State of Florida Everglades National Park
 - ⑪ America State of Montana Waterton Glacier International Peace Park
 - ⑫ Canada Province of Alberta Canadian Rocky Mountain Parks
- South American continent
- ⑬ Brazil Estado do Paraná Iguaçu National Park

1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

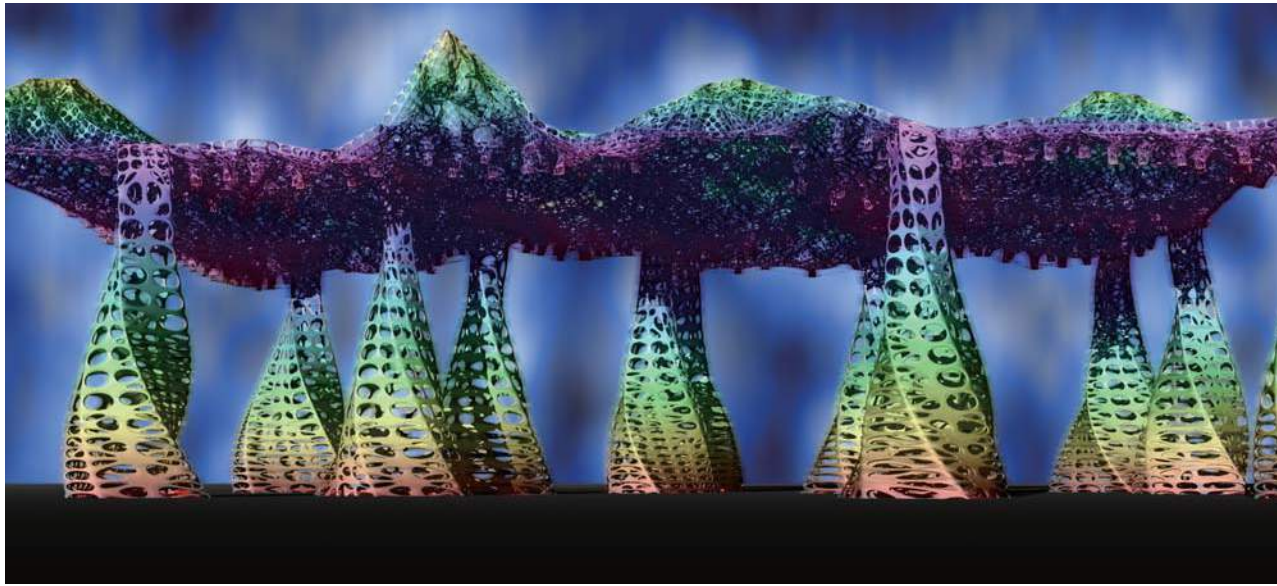
- 1.2. Italy Provincia di Belluno Eastern Alps Dolomiti
イタリア ベルルンゴ 東アルプス山脈 ドロミーティ
- 3.4. Japan Hokkaido Kushiro Marsh
日本 北海道 釧路湿原
- 5.6. Japan Fukushima, Tochigi, Gunma, Niigata Oze National Park
日本 福島・栃木・群馬・新潟県 尾瀬国立公園
- 7.8. Norway Sogn og Fjordane Sogne Fjord
ノルウェー ソグダ・オ・フィヨラネ ソグナ・フィヨルド 世界遺産/自然遺産
- 9.10. Saudi Arabia Ha'il Center pivot irrigation
サウジアラビア ハイル州 センターピボット
- 11.12. Spain Aragón Pyrenées - Mont Perdu
スペイン アラゴン州 ピレネー山脈 モン・ペルデュ 世界遺産/複合遺産
- Latitude / Longitude
- 1. E 10° 18' 00" ~ E 13° 06' 00" / N 43° 12' 00" ~ N 47° 12' 00"
 - 2. E 11° 27' 00" ~ E 12° 09' 00" / N 46° 18' 00" ~ N 46° 34' 00"
 - 3. E 144° 21' 36" ~ E 144° 28' 48" / N 43° 05' 06" ~ N 43° 08' 42"
 - 4. E 144° 23' 06" ~ E 144° 24' 50" / N 43° 06' 10" ~ N 43° 06' 49"
 - 5. E 139° 06' 36" ~ E 139° 21' 00" / N 36° 53' 24" ~ N 36° 59' 24"
 - 6. E 139° 12' 30" ~ E 139° 15' 31" / N 36° 55' 30" ~ N 36° 56' 48"
 - 7. E 4° 15' 00" ~ E 7° 45' 00" / N 60° 42' 00" ~ N 61° 42' 00"
 - 8. E 6° 09' 00" ~ E 7° 09' 00" / N 61° 04' 00" ~ N 61° 20' 00"
 - 9. E 41° 30' 00" ~ E 43° 30' 00" / N 27° 12' 00" ~ N 28° 18' 00"
 - 10. E 41° 46' 00" ~ E 42° 18' 00" / N 27° 46' 00" ~ N 28° 02' 00"
 - 11. W 1° 18' 00" ~ E 1° 18' 00" / N 42° 12' 00" ~ N 43° 18' 00"
 - 12. W 00° 12' 00" ~ E 00° 21' 00" / N 42° 36' 00" ~ N 42° 50' 00"

- 13.14. Ethiopia Amhara Region Simien National Park
エチオピア アムハラ州 シメン国立公園 世界遺産/自然遺産
- 15.16. Australia Tasmania Southwest National Park Bathurst Harbour
オーストラリア タスマニア州 サウスウエスト国立公園 バースト湾
- 17.18. Australia Western Australia Purnululu National Park
オーストラリア 西オーストラリア州 パースル国立公園 世界遺産/複合遺産
- 19.20. America State of Montana Waterton Glacier International Peace Park
アメリカ モンタナ州 ウォータートン・グレイシャー国際平和自然公園 世界遺産/自然遺産
- 21.22. Canada Province of Alberta Canadian Rocky Mountain Parks
カナダ アルバータ州 カナディアン・ロッキー山脈自然公園群 世界遺産/自然遺産
- 23.24. Brazil Estado do Paraná Iguaçu National Park
ブラジル パラナ州 イグアス国立公園 世界遺産/自然遺産
- Latitude / Longitude
- 13. E 37° 57' 00" ~ E 39° 09' 00" / N 13° 09' 00" ~ N 13° 51' 00"
 - 14. E 38° 18' 00" ~ E 38° 46' 00" / N 13° 14' 00" ~ N 13° 30' 00"
 - 15. E 146° 03' 00" ~ E 146° 17' 24" / S 43° 23' 24" ~ S 43° 16' 12"
 - 16. E 146° 08' 31" ~ E 146° 11' 58" / S 43° 18' 15" ~ S 43° 16' 58"
 - 17. E 127° 57' 00" ~ E 128° 45' 00" / S 17° 30' 00" ~ S 17° 06' 00"
 - 18. E 128° 17' 24" ~ E 128° 28' 12" / S 17° 31' 48" ~ S 17° 25' 48"
 - 19. W 114° 39' 00" ~ W 113° 27' 00" / N 48° 45' 00" ~ N 49° 12' 00"
 - 20. W 114° 02' 00" ~ W 113° 46' 00" / N 48° 59' 18" ~ N 49° 05' 24"
 - 21. W 117° 30' 00" ~ W 114° 42' 00" / N 52° 54' 00" ~ N 52° 00' 00"
 - 22. W 116° 03' 00" ~ W 115° 15' 00" / N 51° 18' 00" ~ N 51° 34' 00"
 - 23. W 54° 42' 00" ~ W 53° 18' 00" / S 25° 54' 00" ~ S 25° 06' 00"
 - 24. W 53° 51' 00" ~ W 53° 39' 00" / S 25° 36' 36" ~ S 25° 29' 24"

航空写真: Google Earth



Porous Structure

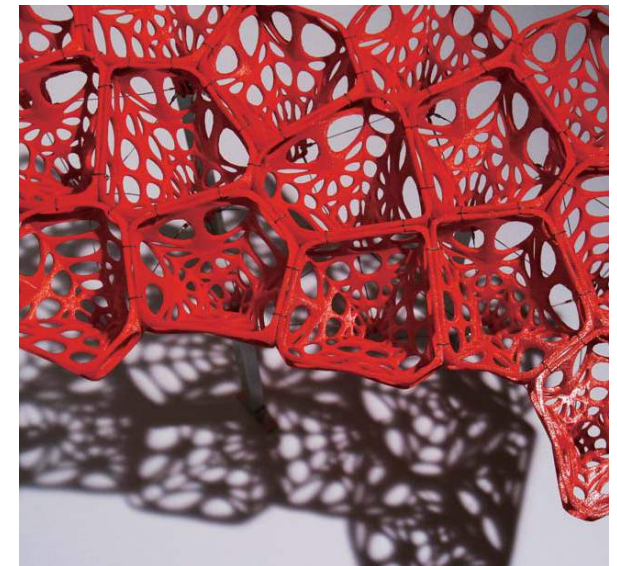
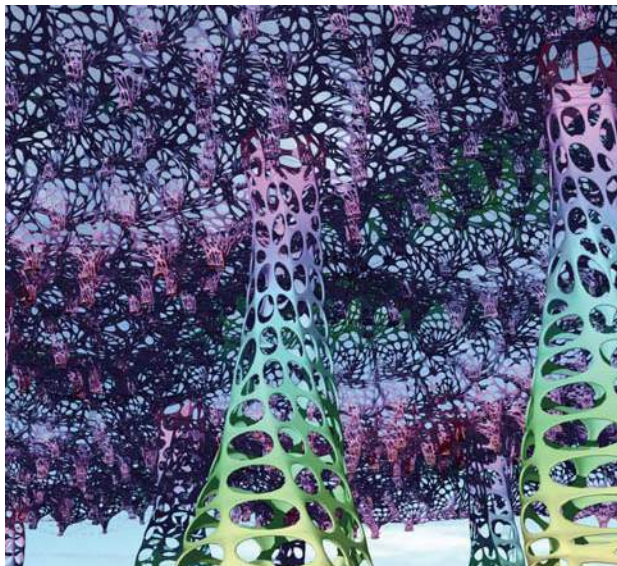


本制作は、植生が作り出す現象的な地形と植物固有の造形原理、巨視的な要素と微視的な要素の二つを取り入れた、独立した部材が互いに支え合う空間デザインの実験的な提案である。航空写真のアンジュレーションへの変換、部材のデザインを「Rhinoceors」「Grasshopper」、部材の出力（生成）を「3D プリンター」で行う。植生・植物のカタチに内蔵する合理性を、デジタル技術を用いて、人の手作業では得られない合理性を空間デザインに取り入れた試みである。

「バイオミミクリ空間の試行」の松懸・花弁・葉・種子の観察から見出した「多重螺旋を生む点の配列パターン」を応用し、プロセスに取り入れてデザインを行った。航空写真から生成されたアンジュレーションを空間と立ち上げる手がかりにして、高さに応じて「多重螺旋を生む点の配列パターン」がプロットしていき、1つの空間に複数の多重螺旋が浮き上がる。

全ての部材は、「多重螺旋を生む点の配列パターン」をもとにした、均等な大きさのボロノイ図から作成している。12 本の柱は、地上から成長するように 137.507764... 度（黄金角）で回転しながら伸び、792 本の部材から成る屋根のユニットを支えている。屋根のユニットは、ボロノイ多角形の隣り合う各上端の辺と、部材の下端をドロネー図に沿ったワイヤーで固定して、互いに支え合う。孔の間いた 792 本の部材が木漏れ目のような影を地面に落とす。

植物に内蔵する形態原理・合理性を、自然のカタチをもとにした一つのランドスケープに落とし込んだ。

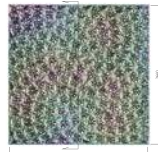


Porous Structure

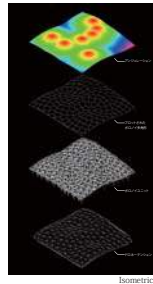
本制作の前段階として、柱のない「屋根のユニット」を計画した。この計画では、航空写真をもとに生成したアンジュレーションを切り取ったことを想定している。アンジュレーションの中心に「多重螺旋を生む点の配列パターン」を配置し、空間デザインに取り組んだ。それぞれのボロノイ図から垂直方向に部材が伸びて、互いの部材をドロネー図に沿ったテンションで支え合う。本制作のモックアップは、この計画をもとに制作している。



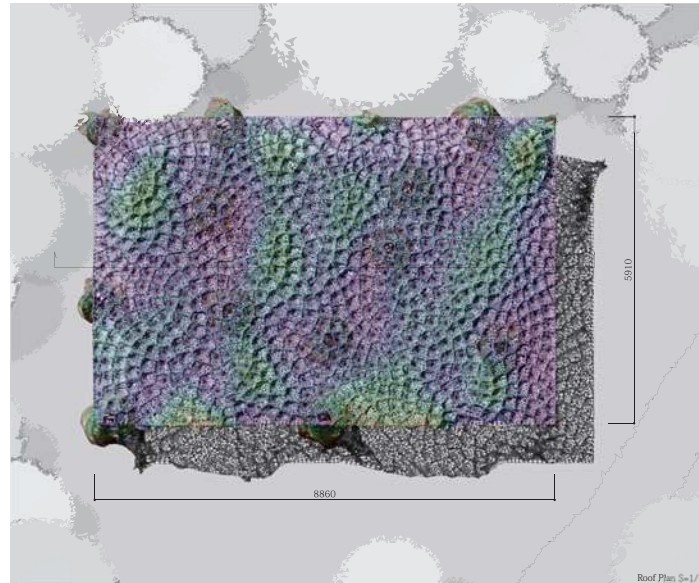
Section S=1/20



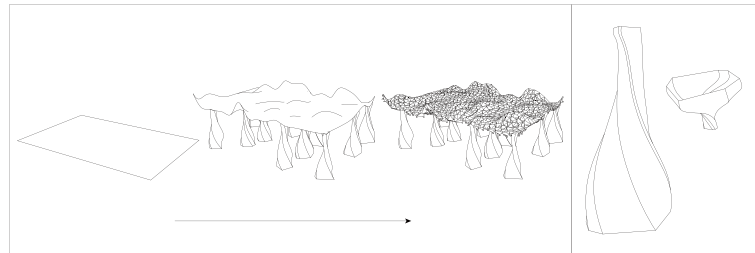
Roof Plan S=1/50



Isometrics



Roof Plan S=1/50

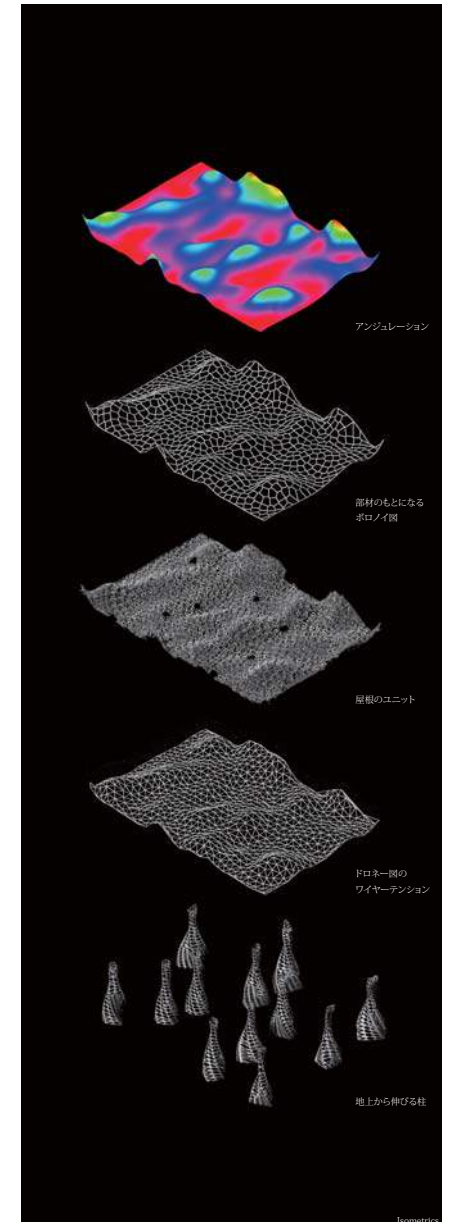


地上から成長した柱が、一つのアンジュレーションを持ち上げて、アンジュレーションから屋根のユニットが芽を出し成長していく。

137.507764...度回転して成長していく部材



Section S=1/20



Isometrics