

① Digital Fabrication Tour Route

デジタルファブリケーションを用いた最先端の研究や実践を行うドイツとオランダの研究機関や企業を訪問した。



②

ITKE/ICE (Institute of Building Structures and Structural Design /The Institute for Computational Design and Construction)

マシーン自体のスケールの限界を超えた建築をつくる



シュツットガルト大学内のデジファブ①



シュツットガルト大学内のデジファブ②



ICD の研究室の様子



ITKE の研究室の様子

■場所

シュツットガルト大学

■人員構成

ICD/ITKE : 20 人程度で専門は様々 (建築・生物・コンピュータサイエンスなど)

■施設の特徴

研究室が修士の学位を習得するためのプログラムを用意している。

■その他特徴

モップアップを作るためのデジファブが研究室のある棟に併設されている他、より精度の高い機器を備えた工場を郊外に有する。ICD と ITKE が協働して設計したパビリオンは、その工場生産された。



<https://icd.uni-stuttgart.de/?p=18905>

ロボットアーム 2 台使い、12m のパビリオンを建設



Stone Morphologies: Erosion-Based Digital Fabrication Through Event-Driven Control

浸食作用を用いて機械の部品より小さなものをつくる



トラックによる運搬が可能な最大寸法の 12m×3m×3m で設計された。ロボットアームは設計対象の寸法を制約するボトルネックではない。

2016-2017 Pavilion by ICD/ITKE



浸食作用を利用することで、水圧や水量を調整し、デジファブの部品自体の大きさよりさらに細かなものをつくり出すことができる。

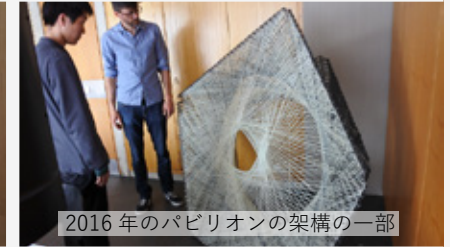
2017 Research by De Micoli, S., Rinderspacher, K., Menges, A. @ICD



自己センシングのための装置



環境により緩やかに開閉する



2016 年のパビリオンの架構の一部

従来、機械の大きさや可動範囲の制約下で生産された小さな部品を集積させる手法が主流であったが、ICD/ITKE のようにプロジェクトベースでロボットアームを設置することで、大きな構造物を一貫的なワークフローで施工できるようになった。プレファブリケーションの変化を予感させる。

③ DDU (The Digital Design Unit)

コンピュータ・クラウド・ゲーム理論・デジタルファブリケーション等を積極的に用い、建築の可能性を広げていく。



DDU 内のデジファブ①



DDU 内のデジファブ②



意見交換の様子



試作品が多く展示されている

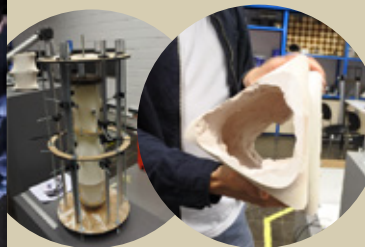
■場所
ダルムシュタット工科大学

■施設の特徴
多様なモックアップ・機材が並ぶワークショップを囲むように、複数の研究スペースが配されている。ひらめいたアイデアをすぐに実践できる、機材へのアクセス性の高さが魅力。

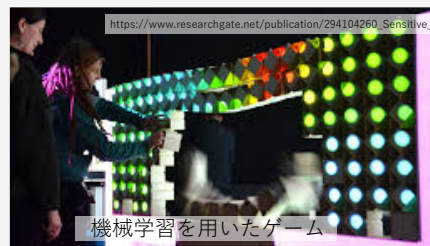
■その他特徴
連続体ではなく、集合体としての建築のあり方を考えている。また、機械学習などにより、人間と機械のインタラクティブな関係も追究している。



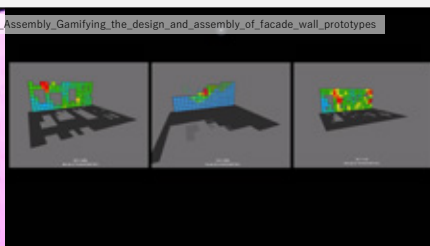
膜を型枠としたコンクリートの打設



膜素材の型枠を用意し、特殊なコンクリートを流し込み、回転させることで固める
→従来の型枠の方法では困難な形を生み出すことが可能



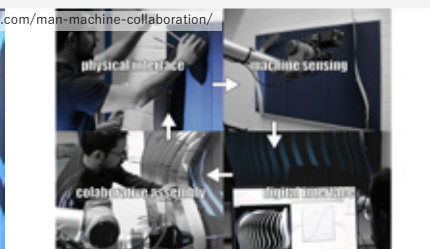
機械学習を用いたゲーム



機械学習（教師なし学習）によって、構造的に危うい場所をカラーマップによって示す。このプロジェクトは、積みあがったブロックを壊さないようにブロックを抜く行為をゲームとして扱うことで、力のかかり方を可視化する。



人間とロボットのコラボレーション



ロボットによる自動化がすべてではなく、人間とロボットによるインタラクションという方法もある。このプロジェクトでは、人間が端の形を指定すると、それをもとにロボットが間の形状を補間する。

デジタルファブリケーションの中でも 3D プリンタなどの連続体による造形方式ではなくロボットアームを用いて**パーツを集合体として組み立てる方式**に着目し、その組み立て方を模索しながら建築の地平を広げている。



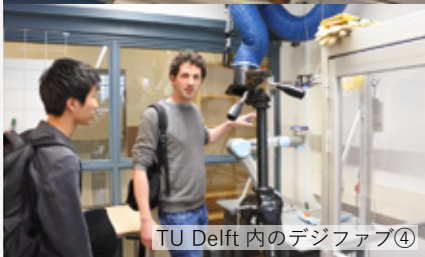
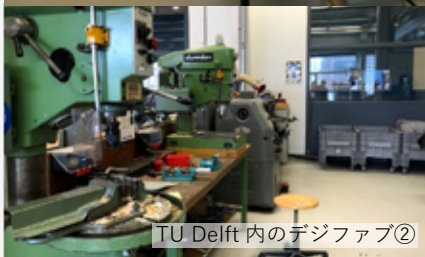
連続体



集合体

④

TU Delft



■場所

デルフト工科大学

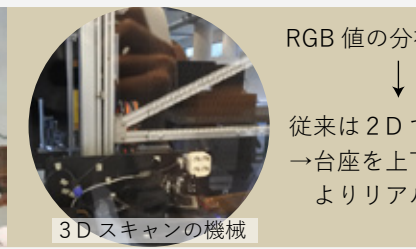
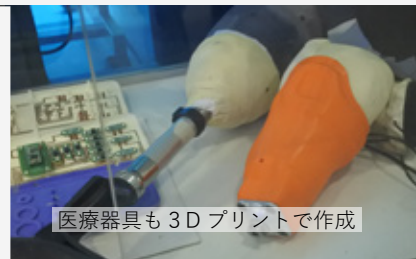
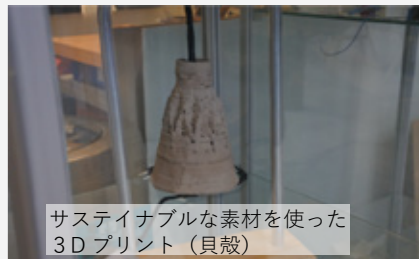
■施設の特徴

修士はデザイン・エンジニアリング・マーケティングを学べる IDE (Industrial Design Engineering) という機関がある。基礎研究から応用まで網羅する。

■その他特徴

伝統的な工業機械も扱いモノづくりを包括的に学ぶことができる。デジファブもあくまでもその一つの分野という位置づけである。実践と研究を同時に行う。

デジタルファブリケーションはあくまで一つのツール。
伝統的な方法論から現代の技術まで包括的にモノづくりを学んでいく。



RGB 値の分布 + 高さ (深さ) をスキャン

↓
従来は2Dで重ねていく
→台座を上下させることで、3次的にプリントし、よりリアルな質感を表現することができる

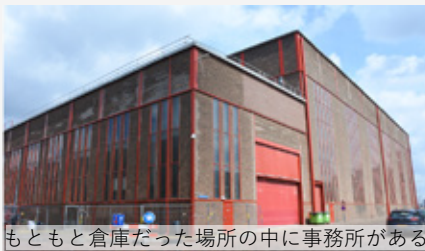


建築プレゼンテーションが変わる

例えば、模型において素材の表現が変わるかもしれない。この技術により、模型作成時における素材を3次的にリアルに表現でき、模型による素材のスタディもできるようになるのではないかと。

基礎研究から応用開発までデジタルファブリケーションに関するあらゆる研究を大学内で完結させている。実践と研究を並行して行うことは、大学や研究機関のもつ技術を社会へ還元するサイクルとして必要であると感じた。

⑤ Studio RAP



■場所

ロッテルダム港の一角の元工場

■施設の特徴

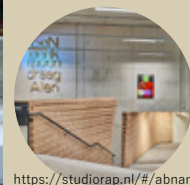
事務所でいくつかデジファブを所有しており、小さい建築物などはデザインから施工前までこなす。またモックアップなどは、1/1ですぐつくれる環境である。

■その他特徴

スタッフは13人ほど。建築やエンジニアのチーム。

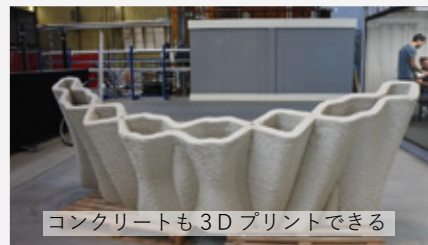
設備投資は、彼らからしたらそれほど高くなく、ビジネスとして回収すればいいという考え。

建築設計事務所としてデジタルファブリケーションを主軸に新しい空間を創造する。



このプロジェクトでは、木材のカットから組立てまですべてロボットアームが行っている。

この規模であれば、事務所内でデザインから施工まで完結することができる。



3Dプリントのできるタクシー乗り場のモックアップ。素材はコンクリートであり、3Dプリントでプレストレストコンクリートの建築物を建てることのできる技術。



CLTのパネルのできたオフィス。

形を決める際は、全ての材が圧縮になるように連続体モデルで形状を最適化し、その後三角形パネルに分割。木の繊維方向と力の向きを合わせることで含めてエンジニアリングしている。

アトリエ事務所のように小さな事務所でも、デジタルファブリケーションを扱う技術(プログラミングなど)を持っていれば、あとは適切なコンサルタントや専門工事業者と契約することで、自分のデザインを施工プロセスまで管理できるようになる。つまり、小規模ながらゼネコン的な役割を担うことができる。

⑥

MX3D



元造船所の中に事務所がある



多くの企業の事務所やアトリエがある



MX3D内のデジファブ



事務所内で橋を施工している

■場所

アムステルダム港の元造船所

■施設の特徴

機械は安く手に入るもの、そして材料も安価な金属。そして、設備のいくつかはデジファブでDIYしてつくことで、設備にかかる費用をおさえている。

■その他特徴

スタッフは15人ほど。建築はむしろ少数で、エンジニアの人がほとんど。

所内で橋を3Dプリントで施工。デジファブで建築物をつくる際、施工途中で変更ができないので、設計にかかる時間を長く取る必要がある。→機械学習などを取り入れ短縮を図る試みも行っている。

手に入りやすいファブリケーションと材料そして持ち前の技術力（アーク溶接）の掛け合わせで新しいモノをつくる



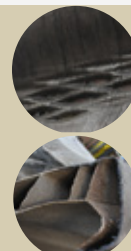
事務所内で橋を施工



加速度センサーとひずみの測定装置

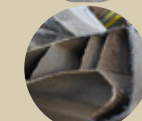


異なる金属で一個のプロダクトをつくる



構造解析によって、応力の作用しない場所を見つけ、そこに小さな開口を開けることができる。

構造を大きく担保する部分に、スチフナを入れることで強化。3Dプリントのできる構造物なのでただ積み重ねると重く見えるが、これにより軽やかさを実現している。



加速度センサーとひずみの測定装置を導入し、静的荷重と動的荷重の両方を竣工後もモニタリングする。それらの応力とひずみのデータを機械学習で扱うことで、次の設計における任意の構造物の挙動を予測することにつかう。
= 構造物のデータをビッグデータの的に扱う

金属のワイヤーを射出機からはきだしてアーク溶接するので、金属を変えることで異種の金属が交じり合ったモノをつくれる。つくりやすさは異なるもののほとんどの金属を使用することができる。



従来の3軸のロボットアームと違って、6軸のアームを使うので三次元的な造形が可能だが、重力により一部金属が垂れてしまうのが課題

従来の工業が持っている技術と、デジタルファブリケーションの融合によって、新しいものを生み出すことができる。

そういった中では、建築家は職能として、エンジニアの言葉や考え方を理解できる **ジェネラリストになる必要がある。**

⑦

Conclusion

●なぜこんなにもドイツやオランダでデジタルファブリケーションを用いた技術が発展しているか？

■中小規模の会社が集まっており、すぐに実践につながる

■80%の見込みでもとりあえずやってみようという空気

■EU, 国、企業からの投資

■労働力が高いので、どれだけ人件費を落とせるかというところで生産へのアプローチが多い

●日本においてどういった展開が可能であるか。

■中小規模の会社との連携をもっととっていく必要性

■日本のロボット技術レベルは高いと聞き込みの中で伺った。そういった技術を持つ人たちとの横の連携を強化していく必要がある。

■教育プログラムとして、デジタルファブリケーションを積極的に用いる。

●林和希の今後の展望

デジタル化 (encode) された建築情報をもう一度物質に戻す (decode) 手段として、デジタルファブリケーションは重要な位置づけを獲得し始めている。しかし、これまでの「設計のためだけ」の数理モデルでは建築はデジタル化の時流に対応できないと感じた。創ることをその先に見据えた、建築物の encode-decode を一貫的に扱う数理モデルを構築することを今後の課題としたい。

●石井一貴の今後の展望

デジタルファブリケーションに関する技術的な側面に関する議論は数多くあるが、意匠的な側面で議論されているケースは少ない。デジタルファブリケーションの発展によって、人々の生き方や建築とのかかわり方がどのように変化するのか、また建築家の職能はどう変わっていくか、という事を考えつつ、建築理論を軸にしながらデジタルファブリケーションを積極的に設計に取り入れていきたい。