

研究成果報告書

デジタルファブリケーション時代における継手・仕口の可能性の探求

政策・メディア研究科 修士2年 金崎健治

1. 研究概要

日本建築の伝統技術に継手・仕口という釘や接着剤を使わずに材と材を接合する技術がある。継手は直通材の不足している時に材と材を接合する技術である。仕口はある角度をもって、材と材を接合する技術のことをいう。私たちは伝統や職人の背景を踏まえながら、この伝統的接合技術をデジタルファブリケーションに応用させていきたい。継手・仕口を応用させることで、デジタルファブリケーションのアセンブリ方法の洗練とデジタルファブリケーション時代における継手・仕口の価値を再発見されることが期待される。

本研究のアプローチは以下の3ステップで行っていく。1つ目は継手・仕口のすべてのパターンを調査し、その成り立ちと分類を行った。2つ目はデジタルファブリケーション環境下で使用できるように継手・仕口の形状修正・機能追加をさせる。3つ目は継手・仕口を持ったレゴブロックサイズのブロックを制作し、建築以外の分野で継手・仕口が応用可能であるかを検証した。

現在、私たちはあらゆる3D形状をアルゴリズムに継手・仕口ブロックで組み立てることができる形状に変換するための統合ソフトウェアの制作を試みている。

2. 研究背景

近年、3DプリンターやCNCミリングマシンなどのデジタル制御ができる工作機械、デジタルファブリケーションのコンパクト化・コストダウンが進み、ものづくりの裾野が広がった。この変化は大量生産から自分の欲しい物は自分でつくるパーソナルファブリケーションを可能にし、新たなものづくりの文化を築いた。

しかし一方、工作機械のコンパクト化に伴い、工作機械の出力範囲の限界が一層深刻になる。そのため、小型の工作機械である程度の大きさのものを制作しようとするとき、いくつかの部品に分けて出力し、組み立てる作業がより求められ、その際に使用する接合技術が重要になる。しかし、現在、デジタルファブリケーションで利用されている接合方法は接着剤やごく簡単な材同士の噛み合わせがほとんどであり洗練する余地が残っている。

日本建築の伝統技術に継手・仕口という文化的・技術的に優れた接合技術がある。これらの技術は数百種の接合方法を持ち、アセンブリ順番や使用される場所を職人が緻密に決定し、組み上げることで建築物として耐えうる強度の持った構造物を作ることができる。デジタルファブリケーション分野では、このような有機的な接合技術は存在しない。これらの技術をデジタルファブリケーションに応用させることはアセンブリ方法の表現を広げ、デジタルファブリケーションの可能性を広げることができるのではないだろうか。

本研究のコミュニティへの貢献 (contribution)

職人の暗黙知的な要素が多い継手・仕口を一般化することで、デジタルファブリケーションでの制作を可能にし、汎用的な接合技術としてオープンにしていく。

3. 継手・仕口とは

3-1 接合技術

日本建築の伝統技術に継手・仕口という文化的・技術的に優れた接合技術がある。木造建築が伝統的に造られてきたドイツなどでも同じような形状を持つ接合技術が存在したが、ドイツでは釘や接着剤などを積極的に使用しているのに対し、日本では見栄えを重視する気質や日本の地理的な条件から、金物や接着剤を使用しない接合技術へと発展していった。継手と仕口はどちらも釘や接着剤を使わずに材と材を接合する技術であるという点では同様であるが、継手は直通材の不足を補うために使われる接合する技術であり、仕口は材と材がある角度を成して接合されるときに使われる接合技術のこと。



Tugite

The length of the material of the line is short,
Tsugite is a technique used to join two materials.



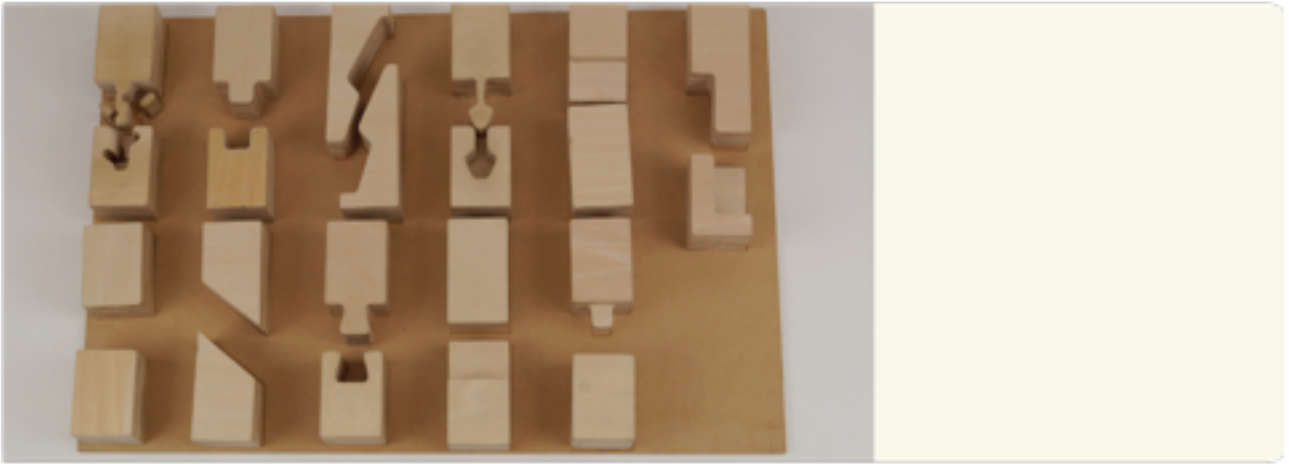
Shiguchi

Shiguchi is used to joining with certain angle of
the two materials.

3-2 基本形

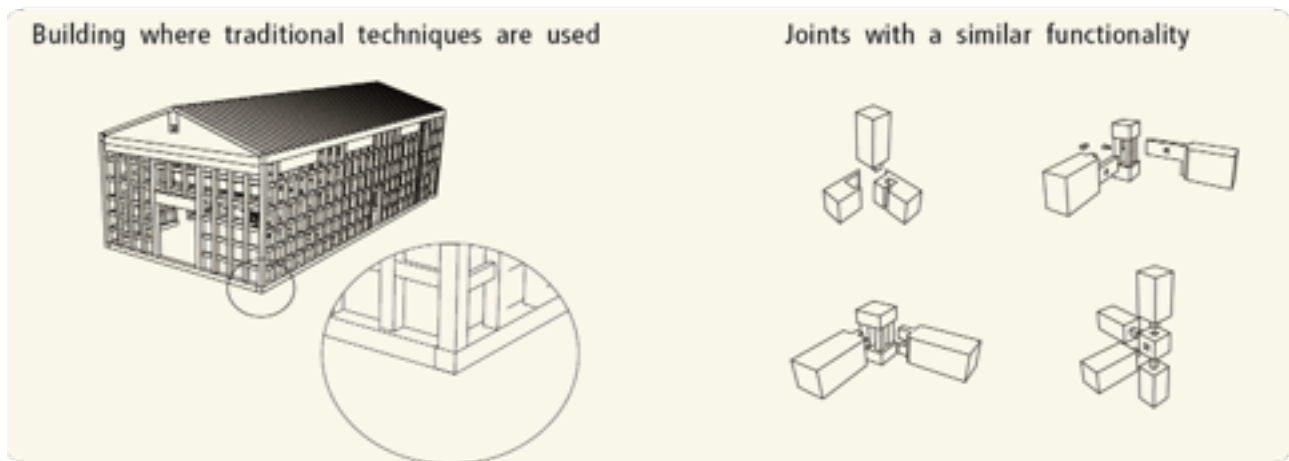
継手・仕口は確認されているものだけで、200種類ほど存在していると言われている。職人はこれらの多くの継手・仕口の中から適した機能を持つ唯一のものを選び出す。一見すると、職人の経験知をもとに選び出されているようだが、実際は基本形という概念をもとに選び出されている。継手・仕口には1~2つの機能を持った基本形と呼ばれるものが10~20種類存在すると言われている。この基本形を利用して、継手・仕口が使われる場所に応じて、必要とされる機能を吟味し、その機能を満たす基本形を組み合わせることで、もっとも適した形状を制作する。

例えば、腰掛け蟻継ぎの場合は次のようなプロセスで制作される。まず、使用される場所から、そこに必要とされる機能を考える。ここでは、重力方向と材同士の接合方向と逆の向きに対する抗力を持つ接合が必要であるとする。この要件を満たす継手・仕口を制作するためには、基本形の集合の中から、まず重力方向に対する抗力を持つ基本形である腰掛け、接合方向と逆の向きに対する抗力を持つ蟻継ぎを選び出す。これら2つの基本形を組み合わせることで、重力と接合方向と逆の抗力を持つ腰掛け蟻継ぎが生成される



3-3 選定作業

継手・仕口は約200種類あるが、その接合向きなどは限られており、重複する継手・仕口が多くある。通常の接合技術であると接合方法の向きが同じものはほとんど存在しない。では、同じ機能を持つ継手・仕口はどのように使い分けられているのだろうか。それは“見栄え”“強度”をもとに使い分けられている。ここでいう見栄えは接合部分の接ぎ目が単純であることをいう。例えば、目につく場所は見栄えを重視するため、強度は落ちるが、なるべく単純な形状のものを採用する。反対に構造を支えるような強度が必要な目につかないような土台部分には見栄えはよくないが、強度のある複雑な形状のものを使う。一般的な接合技術は材と材を接合させるものである。しかし、継手・仕口はその使用される場所も含め考えられているため、出来上がった構造体がより有機的なものになる。



4. デジタルファブリケーションへの応用

4-1 基本形の組み合わせによる機能生成

継手・仕口はもともと建築のための接合技術である。そのため、これらの接合技術が成り立つのは建築特有の条件のもとである。例えば、建築では材自体に相当な重量があるので、接合する際には、その自重を考えながら接合方法を考えればよい。また、斜めの向きの接ぎ方がないなど建築に必要な接合方向を持ったものだけが存在する。

つまり、建築以外の分野に応用する場合には使われる条件が変わるので、接合技術に必要とされる機能も変化をする。そのため、応用先の分野の条件に合わせて、継手・仕口に新しい機能を追加する必要がある。

継手・仕口の機能は基本形の組み合わせによって生成されていると説明した。これらの生成方法では建築に必要とされる機能を生成するために必要となる機能を持った基本形同士の組み合わせのみでしか行われてこなかった。そのため、今まで組み合わせられてこなかった基本形同士を組み合わせることで、新たな機能をもった継手・仕口を生成することができる。例えば、建築分野では強度を持った接合である必要があるが、他分野に応用するときに、強度はそれほど高くはないが、自由度が高い継手・仕口が必要であるとする。その場合は次のようなプロセスで新たな機能を持った継手・仕口を制作する。

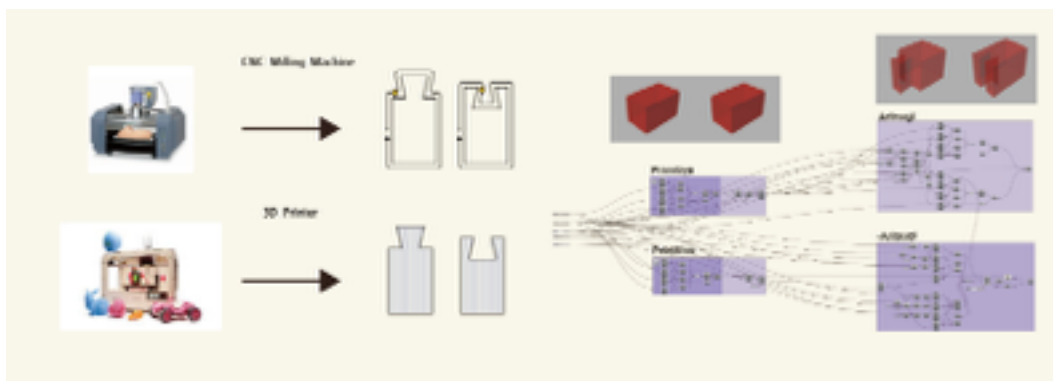
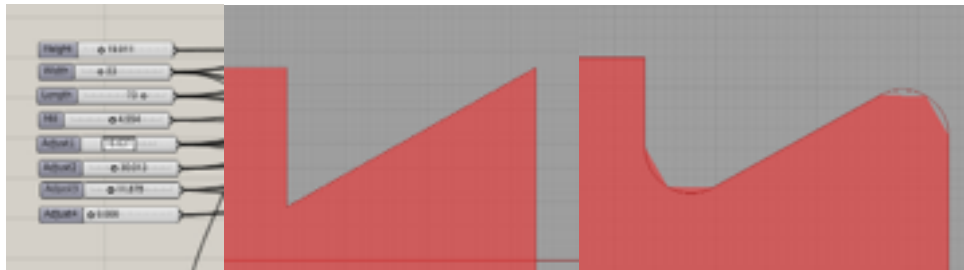
「ほぞ」という継手・仕口の基本形が存在し、他のものと比較すると強度が弱く自由度が高い。この継手・仕口の基本形を組み合わせることで、自由度の高い継手・仕口が生成される。

4-2 デジタルファブリケーション環境下での制作

継手・仕口はもともと職人の手作業によって制作されてきた。デジタルファブリケーションで制作するときには、それぞれの工作機械の特性のため、手作業で作られた形状を再現できず、形状の変化が求められる場合がある。CNCミリングマシンでは、ミルの刃径によって角の部分が丸まってしまったり、機械の振動のため切り口が多少波打つ。3Dプリンターでは、フィラメントのわずかな厚みによって、データよりひとまわり大きくなってしまう。

この工作機械による特性は外部環境や機械の性能によって異なるため、唯一の最適な形状を決定することはできない。そのため、各工作機械に応じた形状の継手・仕口を生成す

る必要がある。私たちは継手・仕口のパラメトリックモデルを制作し、工作機械に合わせて形状を自由に変形させることができるソフトウェアを実装した。



5.Application

5-1ブロックの概要

ここまで、継手・仕口の一般化の手法をまとめてきた。ここではこの手法を使ってレゴブロックサイズで継手・仕口を持った玩具分野への応用を考える。

あらゆる3dの形状を表現可能な格子を組みあげることができるブロックを制作する。また、継手・仕口は見栄えと強度によって使い分けが行われていたように、ブロックにもこの特性を反映させていく。構造物の核となる場所には接合の強度が強いものを使用し、組み立てやすさを重視する場所には強度は弱い、自由度が高いブロックを使用するようにし、強度（＝外れにくさ）と自由度を兼ね備えたブロックを制作していく。

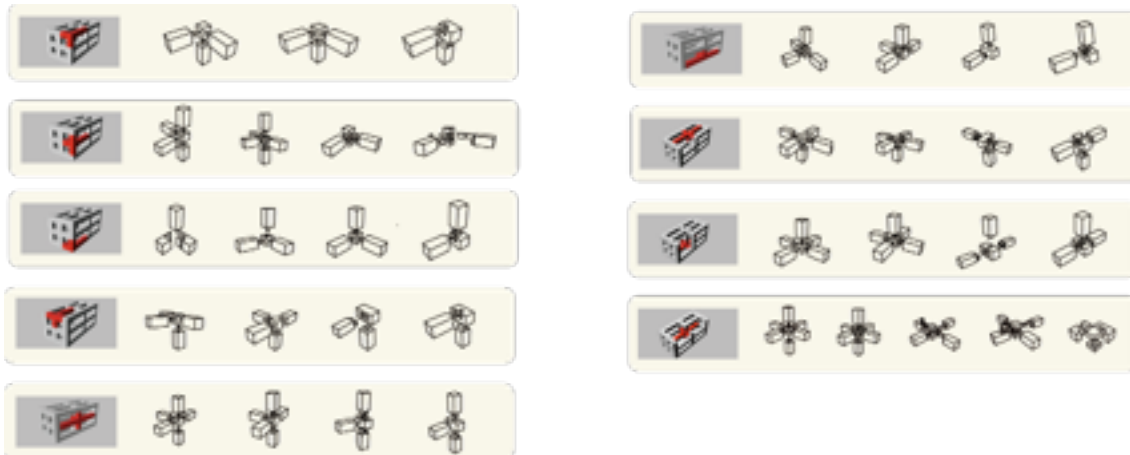
5-2機能生成と体系化

自由度を備えた継手・仕口は建築にはなかったため、新しく制作する必要がある。

「ほぞ」という継手・仕口の基本形が存在し、他のものと比較すると強度が弱く自由度が高い。この継手・仕口の基本形を組み合わせることで、自由度の高い継手・仕口が生成される。

ブロックのための継手・仕口を基本形を組み合わせることで生成し、自由度と強度を持ち合わせた新しい継手・仕口の接合の体系が出来上がった。

格子を作り上げるためのそれぞれの接合方向別にし、その中で強度と自由度をもとに分類をした。そして、それらをデジタルファブリケーションで制作できるようにパラメトリックモデルによって、形状を変化させた。



5-4ファブリケーション

実際にCNCミリングマシンと3Dプリンターを使用して、継手・仕口ブロックを制作した。



6. 応用

今回は玩具ブロックを制作することで、建築分野以外に継手・仕口の特性を応用することを焦点に当てた。今後は機能要件がはっきりしている具体的な分野（例えば工具や家具など）に応用させていきたい。また、あらゆる三次元データから自動的に継手・仕口ブロックを割り当てていくソフトウェアを実装を考えている。



