

| | |
|--------------|---|
| Title | 鋼材・鉄骨ファブリーケーター業界のデジタル化を促進する生産財・サービスの考察 |
| Author(s) | 中村, 淳; 加藤, 晃 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 37: 935-939 |
| Issue Date | 2022-10-29 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/18586 |
| Rights | 本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management. |
| Description | 一般講演要旨 |

鋼材・鉄骨ファブリケータ業界のデジタル化を促進する 生産財・サービスの考察

○中村淳（東京理科大学）、加藤晃（東京理科大学）

1. はじめに

鉄骨製作者を鉄骨ファブリケータ（以下、「鉄骨ファブ」）と呼び、国土交通大臣が認定する鉄骨製作工場は、全国に約2,150工場ある。（2022年3月現在）鉄骨ファブ業界では、H形鋼や角形鋼管などの型鋼と板状の鋼材（以下「鋼板」）を、主に溶接することで柱や梁などの建物の躯体を製造している。建物の躯体には鋼板部材も多く使われるが、水平分業が進んでいて、一般的に厚板鋼板加工業者が切断加工を行い鉄骨ファブ業界に鋼板部材を供給している。以下本稿では、この業界を鋼板加工業界と呼ぶ。

上場企業の大規模工場から従業員数十人程度の中小企業の工場まで、グレードの基準に照らし合わせた認定審査を行い、認定工場は製作できる建築物によって5グレードに分類されている。超高層ビルなど大規模建築物はSおよびHグレード、中規模建築物はMおよびRグレード、小規模建築物はJグレードに分類され、建設する建築物の規模・難易度（溶接技術と品質）によってグレード指定が決まる[1]。

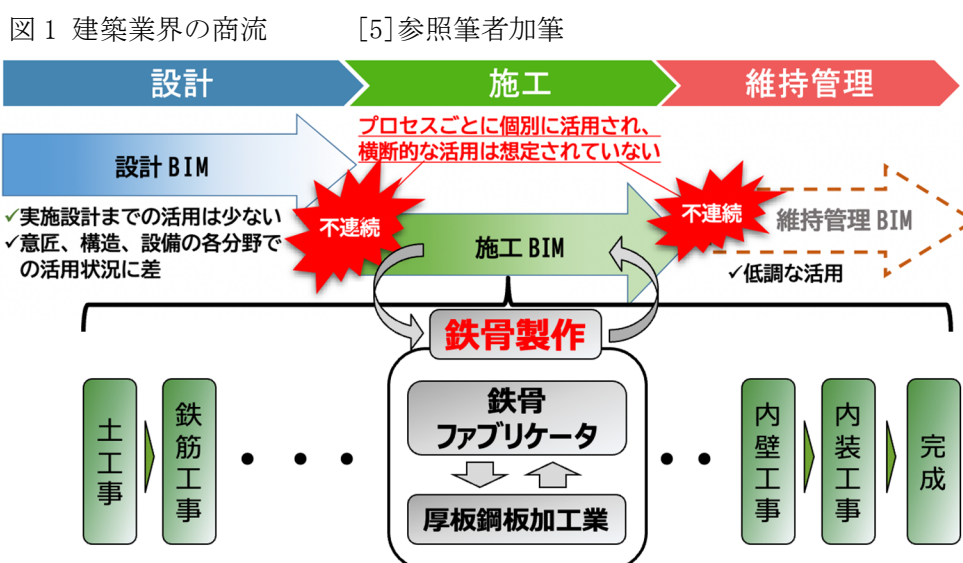
本稿では、大規模建築物を取り扱うHグレードおよび中規模建築物を取扱うMグレード、ならびに鋼板加工業界を対象に考察する。

1.1 問題提起

鉄骨ファブ業界において、戦後しばらくはガス切断器を使っての手切り加工が主流であった。次第に機械化が進み、現在ではそれぞれの加工工程でNC搭載の生産財を使用するようになってきている。個々の生産財からデジタル情報を得られることで、製造工程全体にその情報は共有されて然るべきであり、そうすることでよりスムーズで無駄のない製造ラインが実現するはずであるが、現状そうなっていない。

製造工程は機械化が進み生産効率も製品の精度、品質は格段に向上してきているが、各工程そのものは従来と大きくは変化していないので、工程統合による工程数の削減、自動化が進んで人手工数が削減されるなどの変革が小さい業界である。

なぜ機械化が進み技術も向上してきているのに、情報の活用、デジタルトランスフォーメーション（以下、「DX」）が進まないのだろうか？



近年、建築BIMが実運用されつつあり、鉄骨ファブ業界でのデジタル化対応は急務であるが、一方で柱や梁などの製造途中でもしばしば設計変更、修正要求があり、場合によっては製作のやり直しも比較的多く発生する業界である（図2参照）。

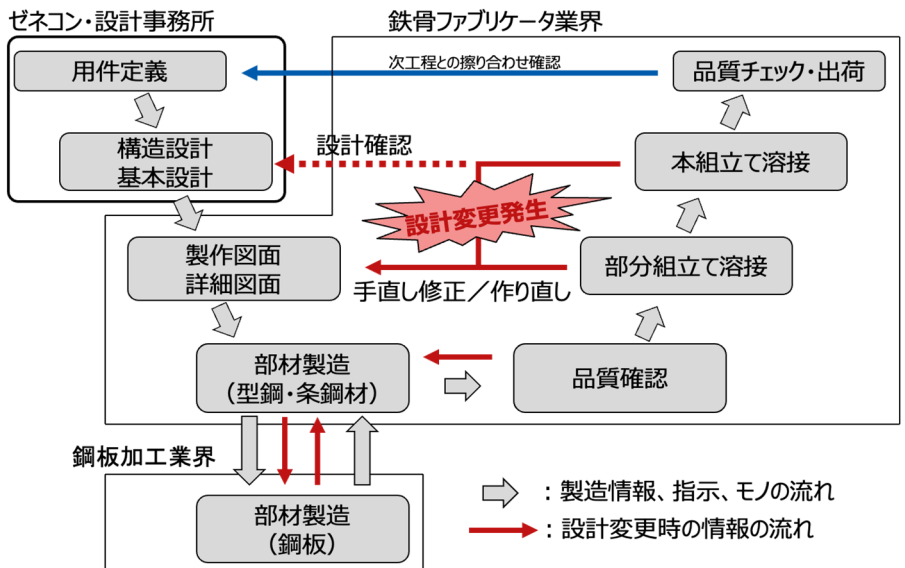
これは、鉄骨製造は建築プロジェクトに使われる材料のうち製作期間が最も長いため、早期に製作を開始することが一般的だからである。しかも設備、内装、仕上げなどの工事と密接な関係があるため、他の工事からの影響を直接受けて設計変更が多く発生している[2]。

鉄骨ファブ業界で今後解決すべき大きな課題の1つは、川上のゼネコンや設計事務所から指示される設計変更への対応方法と実施方法である。具体的には、①設計変更が指示された場合、正確な判断材料を入手しやすくする。②仕掛かり品の修正や製作のやり直し作業を行う場合の製作工程の再編を、如何に工数負荷を少なくして短時間で対応可能にする。

これにより正確な判断ができ、現場への的確な変更指示ができるようになる。さらには、鉄骨ファブが外部の鋼板加工業者に鋼板部材を発注し供給を受けている場合、設計変更の内容によっては、鋼板加工業者へ設計変更された部材の再発注が必要になる。

現状、現場の管理体制がデジタル化されているケースは少なく、情報収集の煩雑さとそれに係る工数負荷が問題となっている[3][4]。他方、板金業界においては、工程統合と自動化を進めた結果、生産プロセスにおける各種情報が得られるようになり、DXを活用することでさらに生産性が向上している。板金業界における成功実績を、鉄骨ファブ業界と鋼板加工業界に応用することで、上記課題解決の糸口にしたいと考える。

図2 鋼材・鉄骨ファブ業界のウォータフォールモデル
(関係者へのヒアリングをもとに筆者作成)



1.2 研究方法

本研究では、DXが先行する板金業界で使用される生産財を調査対象として、①板金業界でのA社の生産財全般の開発、商品化のプロセスを、社史本と関係者のヒアリング内容を基に分析を行い、板金業界のDXを進化させた要因を抽出する。②板金業界の切断加工の生産財について、板金業界と鉄骨ファブ業界、鋼板加工業界との比較分析を行い、生産性を高めるDX導入の障害となると思われる事項（業界構造・技術・就労環境ほか）について検討を行う。

最後に、顧客（需要家）にとっての価値創出とは何かに戻り、メーカーが提供すべき製品とサービスについて考察する。

2. 板金業界のDXを進化させた要因の抽出

2.1 板金業界の生産財について

板金業界での製造工程は大別して3つに分類される。製造工程順に、①切断工程、②曲げ工程、③溶接工程である。これらの工程を一か所に集約することは難しいが、各工程内での生産財の多機能化が進んでいて、生産財の商品開発は複合機能化と徹底的な自動化の推進が行われてきた経緯がある。生産性を上げるために、切断工程、曲げ工程は素材から加工後の製品まで全て自動化されたシステム機が商品化されている。溶接工程については、従来の溶接方法は人手のかかる工程であったが、近年、ファイバーレーザ溶接が出てきたことで、急速な入れ替えが行われている。同時にデジタル対応された生産財のため、板金業界では、①切断工程、②曲げ工程、③溶接工程までのDX対応が可能となりつつある。

板金業界では、各工程での生産材が複合機能化して生産効率を上げてきたが、近年の就業者減や働き方改革による時短や生産効率の更なる改善を目論んで自動化の推進が進み、システム全体を制御するためのデジタル化が進化、加工プログラムを作成するPCとの連携、いくつかの生産財同士を連携させるために率先してデジタル化対応を推進せざるをえなかったことも背景にある。

結果、メーカーは個々の生産材のみならず、工場内の全ての生産財をデジタルで連携させるプラットフォームを提供することで、製造現場でのメリット/デメリットの見える化によって価値創造を提供することができるようになった。

たとえば、製造工程でのボトルネックを生産実績と加工時間、生産財の稼働率とランニングコストなどの情報をもとに、改善すべき工程を特定することができ、新たな設備導入の検討を効率的に行うことができるようになる。また、見積もりの対応も過去に製造した類似製品の加工実績のデータをもとに短時間で精度の高いものを提案することが可能となっている。追加製造する場合にも、製造工程の稼働状況と予定されているスケジュールの管理から、最適な製造工程の再編成も短時間で行うことが可能となっている。

2.2 板金業界におけるDXによる価値創造

顧客は生産財の導入については時間をかけ多角的に検討するが、デジタル化やDX対応といった管理ソフトについては、初期投資が大きいことから、躊躇する傾向にある。板金業界への生産財は既にデータ管理するための機能が用意されていて、メーカー1社で独占されている工場では、顧客はネット環境を用意するだけで、加工機を生産財メーカーが用意したデータ・プラットフォームに接続でき、納入後すぐに稼働状態から工程管理などデジタルデータの活用が可能となっている。

A社では、納入1年間をお試し期間としてデジタル化による工場管理と工程改善などへの効果を体感できるように「場」を設けている。各生産財からのデジタルデータを活用した、生産の進捗管理、工程の状況と稼働率の確認など「製造工程の見える化」を具現化することで、各工程の改善点、工場全体でのボトルネックを発見できる。改善の施策の一つとして、次に導入すべき生産財の検討を促している。

メーカーは、需要家のデジタル情報から生産財のリモートサービスに活用することで、生産財が稼働停止するなどの問題が発生する以前に、リモート・メンテナンスで対応することが可能である。また、リアルでのサービスの必要性について正確な情報があることで、早急な判断が出せることは有益である。

使われる生産財からの情報はデジタル対応ができていて、板金業界のDXの事例の1つに生産財のデジタル情報を工程ごとに集約し、生産工程の状況把握、状態管理、スケジュール運営に活用している。生産計画の見直しや組直し、突発的に発生する再加工などの工程の再編成も短時間で対応が可能となっている。また、各工程での生産財の集約と自動化が浸透してきているため、生産効率、生産能力、生産品質の維持は生産財への依存率が高く、就業者の技能の違いに大きくは依存しない業界になってきている（教育訓練期間の短縮と製品の品質確保の両立）。

3. 板金業界と鉄骨ファブ業界、鋼板加工業界の比較分析

3.1 生産財についての分析

板金業界、鉄骨ファブ業界、鋼板加工業界の比較分析を行う。

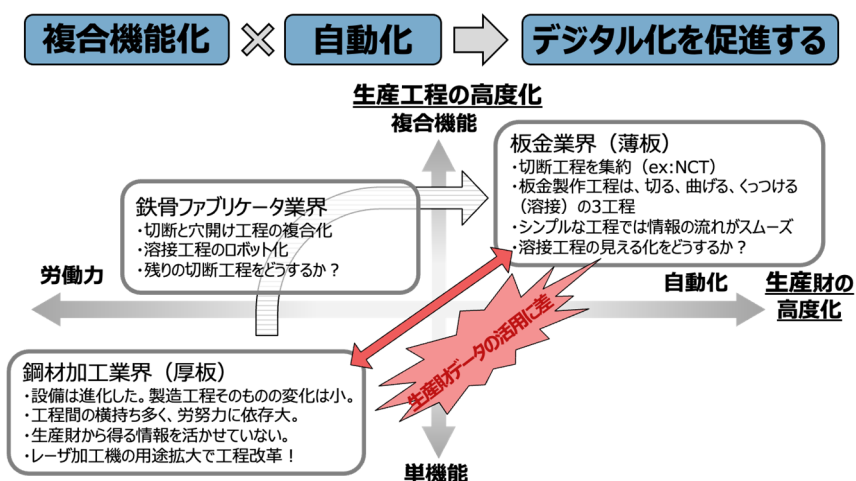
板金業界は、3工程（切断工程、曲げ工程、溶接工程）で構成されていて、切断工程は生産財の複合機能化と素材、加工後の製品取出しの自動化が進んでいる。それに伴いデジタル化も進化している。かつて板金加工工程のボトルネックだった曲げ工程は、生産財の多機能化とロボットとの連携による自動化が進み、現在は24時間無人稼働も実現している。溶接工程は、従来の溶接方法からファイバーレーザ

溶接という新たな加工方法に切り替わり出している。これにより、溶接工程においても生産財のデジタル対応が進むと考えられ、今後情報の活用が進み、板金業界においては3工程でのデジタル化が進むとみられる。

鉄骨ファブ業界は、3工程（切断工程、部分溶接工程、大組溶接工程）で構成されている。切断工程は、バンドソーでの切断加工とドリルマシンでの穴あけ加工は、生産財を複合機能化したことで工程内集約されている。開先加工、接合面のグラインダ加工は連続した加工工程でありながら、メーカーの違いの壁などがあり、データの連動性は無い場合が多い。溶接工程前作業の仮組み溶接作業は人工工数で行われるが、本溶接である部分溶接加工、大組溶接加工はロボットを導入した溶接の自動化が進んでいる。鉄骨ファブ業界では、切断工程での一部生産財の多機能化が行われ、溶接工程はロボットによるシステムの自動化が進んでいる為、3工程で使用される生産財については、デジタル化対応は可能であることが分かった。一方、仮組み溶接作業は現状では人手作業中心の工程のためデジタル化は難しいが、作業員が情報を入力することで代替は可能と考えられる。

鋼板加工業界は、1工程（切断工程）で構成されている。全てが「切断」工程で多種多様な材質と板厚に特化して生産財が決まる為、加工方法に対する生産財の複合化を行うのが難しい。直近、ファイバーレーザー加工機の加工性能の向上が、厚板鋼材業での運用範囲を広げたことで、今後プラズマ加工機の領域をレーザー加工で代替えされていく可能性がある。そうした場合、鋼材業界でのレーザー加工機を中心にデジタル情報の活用が可能となり、デジタル化を推進できるのではないかと考える（図3参照）。

図3 各業界での生産財の実情と課題
(関係者へのヒアリングをもとに筆者作成)



3.2 DXの可能性について

鉄骨ファブ業界は、一部生産財の複合化やロボットを使つての自動化対応が進められているが、切断工程と溶接工程はそれぞれほぼ2社の寡占状態で、作業と情報の流れの連続性が確保されることが重要となる。鋼板加工業界については、多種多様な生産財が使用されているが、単機能の生産財が多く、さらには各メーカーで提供可能な生産財情報の質と量、デジタル化の対応方法に違いがある。この為、新たな企業のこの市場への新規参入することはますます困難となつてきている。「製造工程の見える化」を行い、一貫通貫に情報の収集とデジタル活用するには、今しばらくの時間が掛かる。

生産財メーカーは、生産財にデータ管理機能を付加して提供し、併せて自社生産財のデータ運用するプラットフォームに、他社機のデータを取り込むプロトコルを用意して提供することはできないだろうか。すなわち、これから生産財のデジタル化対応を進め、工場内に情報を共有化するプラットフォームを構築するのである。その為には、経営者のDXへの理解度を促す為、需要家にDXの運用効果を実体験してもらう「場」を設けることは非常に有意な施策と考える。

また、製造工程の見える化で最も大事なことは、製造する製品の部品構成（以下「BOM(Bill of Materialsの略)」）の把握と、部材の管理である。構成する全ての部材に、管理番号を割り当てて特定できるようにする。製造工程では生産財に部材の管理番号を認識させることで、生産財で製造している

部材を特定でき、次の加工を予定している部材は何かなど、どの生産財で何を、いくつ、いつまでに製造完了するのか、それに続いていつまでに組み立てが完了するのかを管理することが可能となる。構成する各部材を製作した後、必要な部材と必要個数を集めて組み立て製品を製造する。管理番号に紐付きした一連の部材、製品の製造の流れを把握することで、“製造工程の見える化”を実現することができる。

データプラットフォームの構築が実現できれば、製造工程から得られる情報、加工時間、コスト、工程時間、横持ち時間、待機時間、加工条件をデジタル数値としての活用が可能となる。例えば、工程管理と製造実績のデータの組み合わせから、製造された製品のコストを算出することができ、リピート品や類似製品、仕掛品の修正時の見積算出にも応用できるようになる。設計変更を実施するかしないかの判断材料を、短時間で提出できるようになると考える

BOMを把握していることで、生産スケジュールと各工程での生産財の稼働状況から、最適な工程の再編成ができれば、仕掛品の修正、もしくは再製作など緊急の工程スケジュールの再編成作業も容易に行うことが可能と考える。煩雑な作業から解放され、工数の削減につながり非常に有用である。また、当初予定の製作スケジュールに対する工程の遅れ具合を予想することも可能となる。

複数の同業者が、同様のシステムを構築することで、自社での製造工程の再編がかなわない場合には、他社との連携を行なって工数に余裕があり受け入れ可能な場合、外注処理での対応の判断も短時間でできるようになる。

4. まとめ

板金業界の生産財は、生産効率の追求をすることで複合機能化と自動化を推進してきた。複合機能化することで加工精度と品質の向上を図り、段取り時間や横持ち時間の短縮に効果がある。自動化することで、加工前後の段取り工数の短縮と夜間運転含めた自動運転対応が、生産性の向上につながっている。生産財から得られる情報は、デジタル情報として多目的に活用されDXも進化することが分かった。

鉄骨ファブ業界は、建築BIMが実運用されつつあり、デジタル化対応は急務であることは既に述べたが、デジタル対応された生産財の導入と、異なるメーカーの生産財をつなぐデータ・プラットフォームを活用することで、DXを活用する余地がある。なぜなら、鉄骨ファブ業界では切断工程の複合機能化が既に行われ、開先加工、接合面のグラインダー加工を今後どのように組み入れていくかという課題も見えてきているからである。最も複雑で高い精度と品質を求められる重要な溶接工程は、ロボットの導入が進み、自動化とデジタル化は対応されている。得られるデジタル情報を活用可能とするプラットフォームの基盤があれば、他生産財との情報連携は可能である。

鋼板加工業界においては、ファイバーレーザー加工機の切断性能のさらなる向上が、この業界での新たな生産財のポジショニングを変えていくことで、デジタル化が進んでいくと推測する。まずは、ファイバーレーザー加工機を軸にスモールスタートをすることが有効と考える。

デジタル化対応の生産財に置き換わっていくことで、生産財から得られる情報をデジタル技術の応用でさらに有効に活用できる環境になっていくと考える。一例として挙げた設計変更への対応判断と仕掛品の工程への再編作業の容易化など、情報を活用したサービスを提供することができるようになるだろう。製造工場内で日々生産財から生じる情報を、デジタル情報として如何に技術経営に落とし込めるかが、メーカーとして競争優位性を獲得する上で、重要となる。

■参考文献

- [1] NPO 法人 AWA 認証機構, <http://awa.sakura.ne.jp/>
- [2] 金貞坤, 古阪秀三, 鉄骨工事における設計変更対応業務の実態, **日本建築学会計画系論文集** 第79巻 第699号 P1179-1187 (2014)
- [3] 金貞坤, 紀乃元, 角田恒男, 古川暁, 古阪秀三, 設計変更に対するファブリーケータの意思決定の仕組み, **日本建築学会計画系論文集** 第77巻 第681号 P2611-2618 (2012)
- [4] 金貞坤, 角田恒男, 紀乃元, 古阪秀三, 建築プロジェクトにおける鉄骨生産の合理化に関する研究 その1, **日本建築学会大会学術講演梗概集** (北陸) (2010)
- [5] **建築分野におけるBIMの標準ワークフローとその活用方策に関するガイドライン (第2版)** 建築BIM 推進会議, (2022)