

製造業における技術革新と行動変容 ～アルミ圧延加工事業を例に～

浅田勝義^{†1} 磯田祐世^{†2} 山本佑樹^{†3}
株式会社 UACJ 株式会社 UACJ 株式会社 UACJ

1. はじめに

世界の産業は過去に三度の産業革命を経て、大きく姿を変えてきた。近年は、大量データの活用を主役とした第四次産業革命の時代に入っている。株式会社 UACJ(以下、当社)においては主力のアルミ圧延工程において、1980 年代から進んだコンピュータによるファクトリーオートメーション(Factory automation, FA)導入により、圧延加工における従業員のマニュアル機械設定および操作の機会が減少し、人による機械操作は熟練が必要な、例えば圧延頻度の少ない材料の通板などの場面に限られるようになった。更に近年では IoT 導入により、前述の様な熟練者の技術に頼らざるを得ない場面についても、一部自動化が可能となっている。上記のように、生産技術の発展に伴い、製品の生産性・品質は飛躍的に向上し、量産現場における従業員の業務の大部分はマニュアル機械設定・操作からデスクワークへと変容した。

一方、当社における技術発展(FA・IoT)の経緯を振り返ると、品質の良いものを大量に効率的に作るという観点では一定の成功を収めてきたが、従業員一人一人の幸福度という観点では必ずしもそうではない。また、エンゲージメントの低下、離職者増加等の問題は日増しに深刻となっている。IoT・デジタル技術は、生産性・品質を追求のみならず、従業員一人一人の幸福度向上への応用も期待される。

本報告では、当社における FA・IoT 導入による製造現場の変容の具体的事例を紹介するとともに、IoT およびデジタル技術活用により、製造業が今後目指すべき働き方および企業の組織形態を対照しながら組織の在り方について分析・議論する。

2. 技術と働き方

当社では FA(1980 年代～)、IoT 導入(2010 年代～)によって、労働生産性向上を高める活動をしてきた。特に図 1 に示す熱間仕上圧延機は機械的性能や表面品質の作りこみに最も重要な工程であり優先的に技術導入を進めてきた。

2.1 当社のファクトリーオートメーション(FA)

FA とは一般に工場の自動化を示すが、ドメインにより自動化対象は異なる。当社の圧延加工部門では圧延機の制御を自動化対象としている。圧延とは回転している二本の圧延ロールの間に材料である金属を挿入し、所定の厚みに成形する加工法のことである。

高温に加熱されたスラブ(およそ厚さ 500 mm×幅 1500～2000mm×長さ 10000 mm程度の直方体、図 2)、は熱間粗圧延機にて往復圧延され、板厚 30 mm程度まで伸ばされる。その後、複数のスタンドが並んだ状態となっている熱間仕上圧延機に搬送される。熱間仕上圧延機では 1 スタンドあたり最大 50%程度の圧下率で出厚 2～10 mm程度まで圧延され、コイル状に巻き取られる[1]。代表的な製品である缶材の場合、顧客毎の要求に合わせて機械的性質、表面品質の作りこみを行う為、冷間圧延工程に移行し、製品厚 0.3mm 程度まで圧延されたコイル状の製品として出荷される。その後、当社の顧客である製缶メーカーで缶として成形され、飲料メーカーで中身を充填後、缶飲料として市販されている(図 3)。

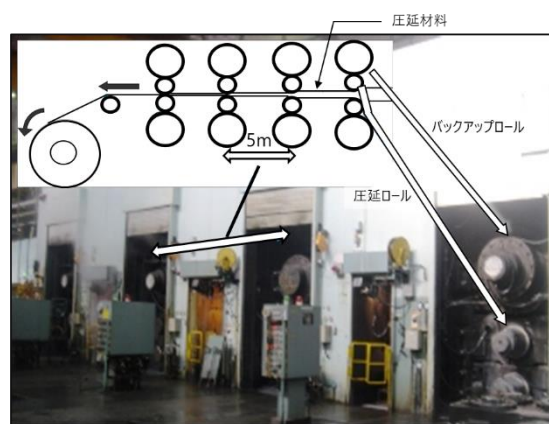


図 1 熱間仕上圧延機の概観

Figure1 Overview of hot finishing mills

Technological innovation and behavioral change in the manufacturing industry
~Taking the example of the aluminum rolling and processing business~

^{†1} KATSUYOSHI ASADA, UACJ Corporation

^{†2} YUSEI ISODA, UACJ Corporation

^{†3} YUKI YAMAMOTO, UACJ Corporation



図2 スラブの例

Figure2 Examples of slabs

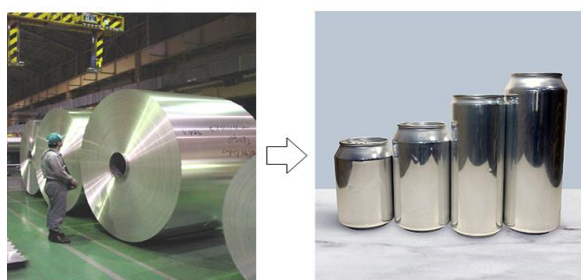


図3 圧延コイルと飲料缶

Figure3 Rolling coils and beverage cans

一方、圧延機で各製品の要求特性に応じて、板厚や温度を高精度に制御する為には、①圧延ロールの間隙設定(ロールギャップ設定)、②速度設定、③ロール冷却・潤滑スプレーのタイミング・圧力などの多くの条件設定が必要となる。

FA 導入前、圧延機の多数の条件設定は、マニュアルでの打ち込み作業となっていた。そのため指示書や標準書にある多くの設定条件パターンを人が参照しながら入力するには限界があった。その結果、粗い条件設定となり、高精度制御は実現できていなかった。1980年代からコンピュータによる設定条件のプリセットが可能となり、品質、生産性が向

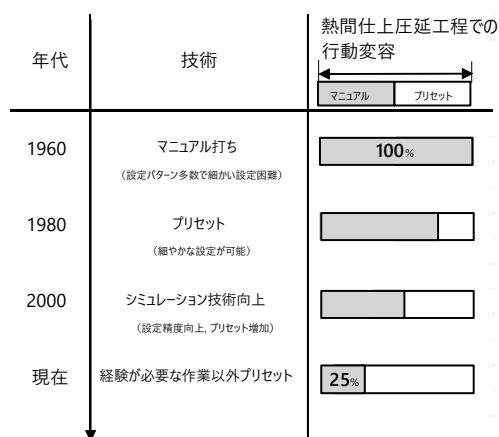


図4 技術と行動変容

Figure 4 Technology and behavior transformation

上すると共に、マニュアルでの打ち込み作業は大幅に減少した。その後、シミュレーション技術の向上により、前述の様な熟練者のノウハウに頼らざるを得ないケースを除いてマニュアル設定作業の多くは無くなってきている(図4)。

2.2 IoT 導入について

近年のIoT導入により、製造における確認・点検メンテナンスに必要なデータがリモートで収集されるようになった。その結果、以前は1日の就業時間の中で時間を要していた確認・点検などの設備メンテナンスの為に現地確認作業が減少し、会議/デスクワークの比率が増加した。代表的な技術者、の典型的な一日のタイムチャートを分析した結果、一日の行動は図5の様に変容している。現在、当社ではIoT導入を更に進めており、上記の行動変容は今後、更に進んでいくと予想される。

一方で、図6に示すようにFA・IoT導入後、満足度について従業員をランダムに選定しヒアリング(12名)した結果、大部分の人の仕事に対する満足度は変化していない結果となっており、IoT導入で製造における労働生産性は上がっているもののそこに携わる従業員の総合的な満足度という観点ではまだまだ課題が残る。

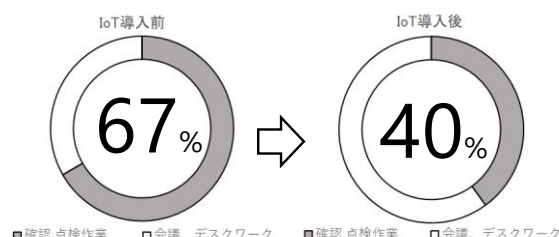


図5 IoT導入による行動変容

Figure 5 Behavioral changes due to IoT implementation

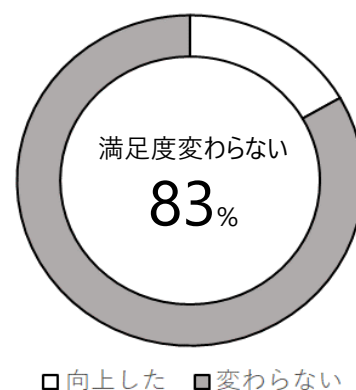


図6 FA, IoT導入後の仕事への満足度(n=12)

Figure 6 Satisfaction with work after introducing FA and IoT (n=12)

3. 製造業と組織形態

一般に規模の大きい企業ではすべての従業員に対してきめ細やかなマネジメントを行うことが難しくなり、上位者の管理が管理対象組織全体に行き届かなくなることも増えてくる。その結果、組織のどこで何が起きているのか、変化を把握できなくなり、課題やトラブルが生じていてもすぐに気づけなくなるケースが増加する。従って組織の規模が大きくなるとともに、組織形態として、トップダウンで上から下位へと指示や命令が下り、経営者以外は他者にマネジメントをされている状態をつくり出せるピラミッド型の組織形態を採用する企業が多い。

当社のような製造業では、課題やトラブルにすぐに対応できなければ、大量の品質不良や大きな設備トラブルに繋がりがビジネスに影響する。その為当社もやはりピラミッド型組織となっている。またピラミッド型組織は指揮命令系統が1方向となるため、明確かつシンプルで、混乱、変化が起きにくいという点がメリットとして挙げられる。その為、当社の様にモノを大量生産する企業にとって適切であり、必然性を持った組織形態であるとも言える。

しかし、指揮命令系統が1方向のみでシンプルである反面で例外対応業務の規則を属人化してしまっていることが問題の一つになっている（業務の属人化とは、ある特定の社員のみが担当し、業務関連情報が担当者にしかわからない状態になることである）。実際、当社の様々な部門へヒアリングすると、真っ先に業務の属人化が挙げられるケースが多い。属人化の弊害として、(1) 業務の標準がないため業務プロセスや業務品質の改善が困難、(2) 担当者が退職等ではなくなった場合、重要な情報が失われ引継ぎも困難、(3) ノウハウが共用されず全体レベルが向上しない等が挙げられる。また、ピラミッド型組織は、責任の所在が明確で、下位の各担当が自発的な起こす前には、責任者である上長の承認が必ず必要となる。上長へは多くの課題が集中するため、判断に時間を要するなど、トラブルリスクへの不安感から、上司が担当者へ非常に細かい説明を何度も要求する場合もある。その為、各担当の自発的な意思決定や行動は抑制されてしまい、結果として、自ら考えて動かない自律性の低い人材、つまり「指示待ち人間」が増えるという問題が増加している。統率されたマネジメントの中で、責任者からの指示で動くことを要求される中では、一人ひとり個性を持った人

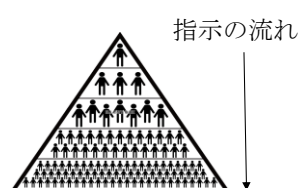


図7 ピラミッド型組織
Figure 7 Pyramidal organization

間の良さ/裁量が発揮されない部分もある。これらのことは、FA・IoT 導入後も、仕事への満足度が向上しないことと密接に関わっていると考えられる。

4. Well-being と組織形態論

ラファエル・A・カルヴォ、ドリアン・ピーターズ[2]によれば、Well-being には大きく医学的、快樂心理的、そして人間の潜在能力の発揮にかかわるエウダイモニア(ギリシャ語で幸福)的観点があるとされ、総じて「人生に意義を見出し、自分の潜在能力を最大限に発揮している状態」と定義されている。さらに、Well-being を人間の能力発揮と捉える定義は、人口減少や働き手のニーズの多様化を背景として、厚生労働省が示す方向性「投資やイノベーションによる生産性向上とともに、就業機会の拡大や意欲・能力を存分に発揮できる環境を作ること」[3]とも一致している。このように、働く中で Well-being をどのように実現していくかということ

は社会的課題と言われる。製造業は顧客の要望に基づくきめ細かい対応が必要で、典型的な労働集約的な産業である。製品を作る従業員の処理能力は限られており、個人個人が処理能力ギリギリの負荷を負う形で顧客要求が満たされていた。結果として従業員は重労働で精神的に負担が大きい仕事となっていた。その状況において、FA・IoT 導入は、一人で対応できる作業の数を増やす、労働に伴う負担を減らすなど、労働生産性を上げる目的で導入されてきた。その結果、「生産性」的な効率化には成功した。しかし一方で従業員は仕事において十分な満足感を得られているとは言えず、いまのところ Well-being が達成されている状況とは言えない。

従業員が仕事を含めた Well-being な状況となるためには仕事(企業)における組織形態を考えることは重要である。組織形態に関して、近年、生産性/ビジネス/Well-being を両立し得る組織形態としてティール組織が提唱されている[4]。その中では図8に示すように組織モデルをその進化過程ごとに色で区別した5つの組織モデルがあり[5]、現状当社の組

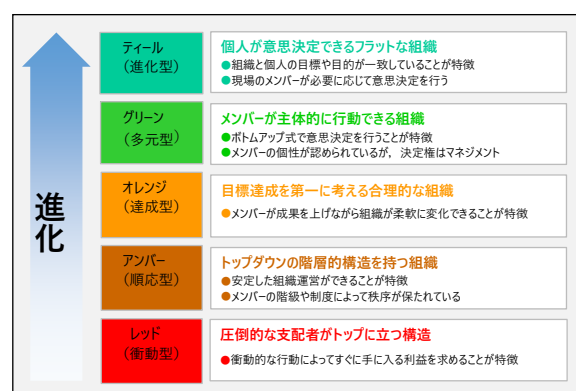


図8 5つの組織モデル
Figure 8 Five organization models

組織形態はアンバー～オレンジの組織に近い。アンバー～オレンジ組織はピラミッド型組織であるが、ピラミッド型組織のトップダウン階層構造の中ではトップの意思は絶対となりその為下位からの反論が許容されにくい。結果として上司とのコミュニケーション不足に陥り、上司に対して不満を抱えた状態で、例外対応として業務を属人化し、自律的に働くことをあきらめて指示待ち人間になるケースが認められる。このことは、人間関係の問題として表面化することが多い。事実、一般的にも社員がモチベーションを低下させる因子として職場の人間関係が好ましくないことはよく挙げられる[6]。すなわちピラミッド組織は人が離れていく組織形態と考えられる。

対して ティール組織は組織内に権力を集中させたリーダーは存在せず、現場においてメンバーが必要に応じて意思決定をおこなうことが特徴である。ティール組織の提唱者であるラルー氏は、表 1 に示すような 3 つの重要な要素を唱えている[4]。これら 3 つの要素の共通項はコミュニケーションであり、フラットで活発なコミュニケーションをとれる環境が確保された組織であることで、人間の能力は最大限に発揮され、Well-being の実現に繋がる[7]。ティール組織は表 2 に示すようにピラミッド型の問題を解決できる組織と考えられ、事実、製造業の枠組みにおいてもティール組織を採用して成功しているフランスの自動車部品製造メーカー(FAVI、従業員 500 名)の例も報告されている[4]。

ただし、暗黙知の多い、大規模製造業で従来機能でのアウトプットを劣化させることなくティール組織を成功させるにはセルフマネジメントにおける「助言プロセス」と呼ばれ

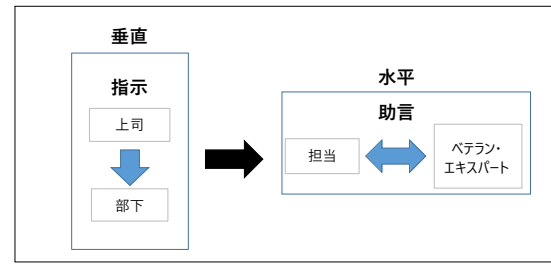


図9 指示から助言へ（垂直から水平へ）

Figure 9 Transformation from instructions to advices

る考え方がキーになる。「助言プロセス」とは適切な意思決定を助ける「助言を得られる仕組み」であり、従来のピラミッド組織において行われていた上から下への業務指示を代替するものである(図 9)。このプロセスにより組織で働く人間はアクションを起こす前に適切な情報を得ることができ、従来の上司→部下でやり取りされていた情報伝達の内容が損なわれることはない。

5. 当社の向かうべき姿

筆者らは、旧来の組織にティール組織の仕組みを組み込むことで高付加価値創出と Well-being を実現できる組織形態に進化(ある種の行動変容)していくと考えている。その変容において課題となるのはピラミッド型で実施していた上意下達業務フローをどのように仕事の質を損なわずに変えていくかである。4 項で述べた「助言を得られる仕組み」を実現する手段として、図 10 に示すような IoT/デジタル技術よりなる知識ベースを包含した「集合知プラットフォーム」が必要となってくる[8]。従業員が集合知プラットフォームに接続された組織では、現在の上位者の指示通りに動く個の尊重の少ない行動から、個が自律して助言し合うような行動へ変容する。またそこでは個人の気づき、工夫を集合知プラットフォームにアップロードすることで知識ベースを強化したり、AI による社内ジョブマッチングなども可能である。これにより、従業員は常に各人の性格、価値観、体調に適し

表1 ティール組織の3つの柱
Table 1 Three Pillars of Teal Organizations

柱	内容
セルフマネジメント	メンバーには責任に応じて大きな裁量が与えられるメンバーが意思決定する権利を持っている状態となるため、会社が保有している情報は、基本的にメンバーに対して開示され、適切な意思決定をするための助言を得られる仕組みも必要となる。
ホールネス	ティール組織におけるメンバーは、それぞれが対等(フラットな関係)であり、組織はメンバー全員のものであると考える「組織の社会的使命を果たすために自分ができること」と「自分自身の目標達成のための行動」が一致した組織である。
エボリューションナリー・パーパス	メンバーが組織の目的をはっきりと理解し、組織の使命を果たすための自律的な行動ができなくてはならない。

表2 ピラミッド組織、ティール組織の比較
Table 2 Comparison of Pyramid organization Teal organization

	評価軸			
	マネジメント	業務の属人化	社員の自律性	社員の Well-being
ピラミッド型組織	Good	Bad	Bad	Bad
ティール型組織	Good	Good	Good	Good

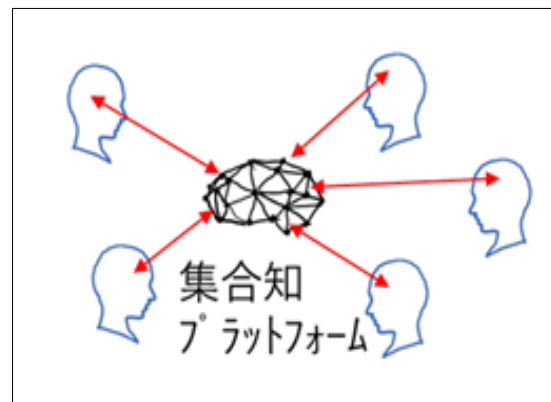


図10 集合知プラットフォーム

Figure 10 Collective knowledge platform

た仕事をすることが可能となり、結果として全体(Well-being, 会社, 社会)の利益をも最大化していく。現在、筆者らはこのような将来向かうべき姿の実現に向けて技術開発に取り組んでいる。

参考文献

- [1] 藤森崇起：アルミニウム板製品の製造プロセスと品質管理，第 25 回 表面探傷シンポジウム講演論文集， pp.1-8 (2022).
- [2] ラファエル・A・カルヴォ， ドリアン・ピーターズ，
Positive Computing : Technology for Well-being and Human Potential :
MIT press
(渡邊淳司，ドミニク・チェン監訳『ウェルビーイングの設計
論』，BNN， 2017) (2014)
- [3] 厚生労働省．『働き方改革』の実現に向けて，
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000148322.html>
(2019 年 7 月 25 日現在)
- [4] フレデリック・ラルー．Reinventing Organizations. 英治出版
(2014)
- [5] ティール組織とは？それぞれの組織モデルをわかりやすく解説
<https://hr-trend-lab.mynavi.jp/column/organizational-development/1509/>(2023 年 2 月 17 日現在)
- [6] 厚生労働省．平成 30 年若年者雇用実態調査の概況
- [7] テレワーク導入による Well-being の向上一個人と組織の Well-being—デジタルプラクティス Vol.10 No.4.(Oct. 2019)
<https://www.ipsj.or.jp/dp/contents/publication/40/S1004-S01.html>(2023 年 2 月 17 日現在)
- [8] ティール組織の内部コミュニケーションはどうなっているか(5
分読書#46)
<https://hr-trend-lab.mynavi.jp/column/organizational-development/1509/> (2023 年 2 月 17 日現在)