

「公差」におさめる

— システム、技術的実践、企業間関係 —

加藤 英明*

本稿は、トヨタ自動車による生産システムと、その保全に関わる町工場を対象として、現代日本の産業社会に展開するモノづくりのあり方を考察する。とくに、「公差」と呼ばれる寸法範囲を示した数値に着目し、「公差」がトヨタ生産システムと町工場の製作者、町工場同士の関係にどのような影響を及ぼしているのかを検討する。

トヨタ生産システムを機能させるためには、生産ラインを必要ときに動かせることが必要不可欠であり、そのために「公差」が重要な役割を担っている。一方で、システムの保全に関わる町工場の人々は、部品の製作過程で「公差」におさめることが要請され、その結果、「公差」におさまらないリスクを誘発するさまざまな阻害要因に対処する技術的実践が生まれ、さらには地域内の工場同士の良好な企業間関係の醸成につながっている。

このような事例を紹介し、「公差」が自動車生産システムを組織するうえで、重要な役割を担っていると同時に、製作者の技術的実践、企業間関係に影響を与えていることを指摘する。そして、文化／社会人類学における技術を対象とする研究の議論で不足していた現代日本の産業社会のモノづくりのあり方を検討する。

キーワード

公差、技術人類学、トヨタ生産システム、企業間関係、モノづくり

目次

I はじめに	2 S社による保全
II 技術の学史的背景	3 「単品モノ」の町工場T社
1 「技術論論争」	4 注文主との交渉
2 機械をめぐる人類学的研究	5 準備と検査
3 技術人類学	6 工程の編成
III トヨタ生産システム	7 ネットワーク
1 機械化	V 「公差」とシステム、技術的実践、企業間関係
2 「かんぱん方式」	1 「公差」とシステム
3 生産ラインの保全	2 「公差」と技術的実践
IV 「公差」が生み出す技術的実践——保全に関 わる町工場を事例に	3 「公差」と企業間関係
1 調査概要	VI おわりに

* 南山大学

I はじめに

現代の産業社会では、情報機器や自動車のような複雑な人工物が日常生活に浸透し社会や人に大きな影響を与えている。そのような人工物の生産は、フォードイズムに基づく大量生産にはじまり、1970年代以降になると、多様化する市場に対して消費者からの情報をいかに生産にフィードバックするかが求められるようになった。いわゆるコミュニケーション的労働を中心としたポストフォードイズムによる生産システムであり、社会学者を中心に議論されている (e.g. ネグリ & ハート 2003; ラッツアラート 2008; マラッツィ 2009)。本稿ではそのような情報化が進展する産業社会の労働のあり方を検討するというよりも、その裏側で産業全体を支えているモノづくりのあり方を文化／社会人類学における技術研究を参照することで明らかにする。

文化／社会人類学においては、近年、ポストモダニズムの言語偏重の反省から、非言語的側面へのアプローチの1つとして、技術 (technology) が積極的に取り上げられている (大西 2014: 2-4)。そのアプローチは、モノづくりに関わる機械や道具、工程、知識、また文化社会的背景を含む総合的なシステムを技術として考え、同時に外部環境に働きかける製作者の身体を基礎とした技術的実践 (technical practice) から、モノづくりを考える試みであるといえる (大西 2014: 31-33)。そして、なによりも、現地の人々を長期にわたり参与観察する民族誌調査を基本としている。

本稿では、そのようなアプローチを参照に、トヨタ自動車 (以下、トヨタ) の自動車生産システムを支えている「生産ライン」を取り上げ、その生産ラインの維持に関わる西三河地区の(1)保全の町工場と(2)生産ラインの部品を製作する「単品モノ」の町工場の事例を紹介する。そして、とくに生産ラインの維持に必要な不可欠な「公差」と呼ばれる寸法誤差の範囲を指示した数値に焦点を当てる。

「公差」は、自動車生産のように、複雑性が高まり、各工場が局所的な状況に置かれたとしても生産を可能にする工学の知の1つ (齊藤 2019: 24-25) といえる。とくに、生産ラインのような部品点数の多い人工物の場合、多くの工場や人々に関わるため、当事者にとって全体を把握することが困難になる。そのため、生産ラインに組み込まれた機械部品 (以下、部品と記載する) には「公差」が指示されており、「公差」におさ

まってさえいれば、どの工場でだれが製作しても、部品を生産ラインに組み込むことができ、生産ラインの維持が可能となる。そして、「公差」は、大工場だけでなく末端に位置する町工場まで浸透し定着しており、とくに町工場の人々は「公差」におさめることができなければ、注文主から仕事がもらえないため、いかに「公差」におさめて製作できるかという点において常に神経をとがらせている。つまり、「公差」は、自動車生産システム全体と生産ライン、そして個別の製作者をつなげるために必要不可欠な要素として機能しているといえる。

しかし、人文科学において「公差」は、技術史家が互換性の問題として議論するにとどまっており (e.g. 山下 2004; 橋本 2013)、現場における「公差」について論じた研究は管見の限りほとんど見当たらない。そのため、本稿では、「公差」が、自動車生産システムを支える生産ラインの維持にどのようなかたちで機能し、また生産ラインに関わる現場の製作者にいかなるかたちで影響を与えているのかについて検討し、現代日本における産業社会のモノづくりの特徴を浮き彫りにしたいと考える。

本稿の第II章では、技術の学史的背景を整理して本稿の位置付けを確認し、第三章で「公差」が必要となる文脈全体を確認するためにトヨタ生産システムを概観する。そして、第四章より、民族誌調査から得た資料から「公差」の問題と関わりが強い保全の工場と、保全に関わる「単品モノ」の町工場を紹介し、第五章で、「公差」とトヨタ生産システム、技術的実践、企業間関係という観点から事例を考察する。最後にそれまでの事例と考察をふりかえり「公差」のような数値をモノづくりで考える意義を指摘し、結論とする。

II 技術の学史的背景

1 「技術論論争」

産業社会のモノづくりは、わが国において1940年代から1950年代に技術の定義をめぐる起こった「技術論論争」から真剣に議論されるようになった。「技術論論争」は、戦時期に人文社会科学への抑圧のなか、技術の分野が監視の目から逃れやすかったこと、また戦局打開のため科学が生産現場へ導入されたこと、この2つが要因となって起こった (金山 2020: 145-146)。そして、現在までに、経営学者、経済学者、技術哲学者を中心に多くのレビューがなされてい

る (e.g. 一寸木 1970; 嶋 1977; 渡辺 1986; 中村 1995; 村田 2009: 183-185)。そのため、本稿では「技術論論争」の詳細にはふれず概要の説明にとどめ、そのような論争に対して、文化／社会人類学による産業社会の技術へのアプローチを示しておきたい。

「技術論論争」は、1930年代に唯物論研究会のメンバーである相川春喜が「技術は労働手段の体制である」(相川 1933: 62)と定義した「労働手段」説と、物理学者である武谷三男が「技術とは生産的实践における客観的法則性の意識的適用である」(武谷 1968: 139)と定義した「意識的適用」説のどちらが技術の定義にふさわしいかをめぐった論争である。「労働手段」説は、文字どおり、労働手段である機械・装置・道具が、技術において重要であることを主張する立場であった。一方、「意識的適用」説は、機械・装置・道具のような手段を技術として考えるのではなく、近代の自然科学が解明した法則性(客観的法則性)を生産にいかに関用できるか主張する立場であった。その背景には、戦時期に客観性を欠き無謀な戦争を遂行した技術者に対する反省から、科学を生産に適用する技術者の主体を強調するという考え方があった(渋井 2019: 51)。

ただし、「労働手段」説は機械のような客観を、「意識的適用」説は技術者の主観を強調し、客観と主観という限定した枠組みのなかで論じる傾向にあった(村田 2009: 184)。そして、なによりも技術の本質を1節の文章で記述することは不可能であり(吉岡 1988: 667)、技術を論じる人々を「技術論論争」から遠ざけるかたちとなった。

一方で、技術史家である中岡哲郎は、「技術論論争」を言葉の定義をめぐる議論とし、上述のような不毛な議論を回避する立場をとった。そして、生産現場を徹底的に調査し、産業社会の技術に迫るという独自の方法を主張した(中岡 1979: 23-24)。そのような中岡の主張は、1970年代の鹿島のコンビナートの労働者を対象とした報告に顕著にあらわれている。その報告は、1つの作業ミスがコンビナート全体の停止につながる労働者の新たな役割と重圧、そして、そのような労働者の生活や人生に焦点を当てる内容であり(中岡 1974)、「コンビナートの民族誌」(福島 2001: 102)とも呼ぶべき報告となっている。このような中岡の考え

方は、産業社会の技術を民族誌調査から考える文化／社会人類学との共通点があり、参照になるだろう¹。

文化／社会人類学の1つの特徴は、個別の現場の民族誌調査を実施し、現場でどのような事象が特徴となっているのかを読み解いていくことにある。そもそも現場のモノづくりは、「技術論論争」において議論の的となった主観／客観として区分できるものではなく、機械や道具のような手段、製作を担う人である製作者が相互に絡み合いながら進行する。そして、そのような過程は、民族誌調査をもってはじめて確認できるだろうと考える。本稿では「技術論論争」のように主観／客観への区分を避け、産業社会のモノづくりにいかなる特徴があるのかを民族誌調査で得た資料をもとに検討する。

2 機械をめぐる人類学的研究

本稿で主な対象となる「公差」は、科学をモノづくりに適用する過程で発展した科学技術の1つである。科学技術を対象とした研究は、近年において文化／社会人類学においてもさかんにおこなわれている(e.g. 宮武 2007)。本節では、それらの議論のなかでも、「公差」と関連する機械についての研究を紹介する。

機械は、初期の産業人類学において、経営者と労働者のコンフリクトを考えるうえで登場した。とくにW・L・ウォーナーとJ・O・ロウ(Warner & Low 1947)は、フォードによる大量生産が社会に定着する時期に、アメリカの靴産業で起こった1ヶ月にわたる労働者のストライキを調査し、ストライキが経済的な要因ではなく、社会構造の変容によって生じたことを明らかにしている。そして、その社会構造の変容の1つとして、機械による徒弟制の崩壊から管理者への抵抗にいたる労働者の動きを紹介している。ただし、W・L・ウォーナーとJ・O・ロウによる研究は、機械を伝統的な社会構造の変容の1つの要因として検討しているが、あくまでも背景にとどまり、機械を積極的に考察しているわけではなかった。

1980年以降になると、従来の経営者と労働者の関係を論じる研究とは異なり、人と機械の関係を論じる研究が状況論のもと展開した。状況論を主題とする研究者は、1970年代後半のコンピュータの浸透を背景に、実際の機械の使用場面において人間工学が想定し

¹ 近年においては、中岡の成果を踏まえて、認知科学の分野から工場の民族誌的記述に基づく報告を確認することができる(日比野 2019)。

たとりに機械が使用されない点を主張した。例えば、コピー機の使用者に焦点を当て、使用者がコピー機をマニュアルとは異なり即興的に使用している場面を紹介した研究（サッチマン 1999）、またコピー機の不具合に対して、マニュアルが存在するわけではなく、修理技師がランチなどのインフォーマルな場で成功体験を仲間に話し、不具合に対応する知識を共有している点を示した研究（Orr 1996）、さらに、戦艦という機械を乗組員がいかに協働し運行するかに焦点を当てた研究（Hutchins 1995）などがある。状況論は、さまざまな組織において、機械が設計どおりに使用されるわけではなく、人と機械の相互作用のなかで使用され維持される点を強調した。しかし、人と機械の関係を焦点化するあまりに、産業、あるいは工場間のネットワークのような社会的側面には関心が向けられなかった（福島 1993: 151-152）。

一方で、このような研究動向とは異なり、社会と機械の関係を考察する研究として、技術の社会構成主義（Social Construction of Technology）に基づく研究を挙げることできる（e.g. Akrich 1993; Laet & Mol 2000）。例えば、M・アクリッチは、フランスからコスタリカの村落へ移転された発電機がどのようなかたちで地域社会の影響を受けたかを考察した。発電機は、開発元のフランスでは問題なく稼働したが、移転先のコスタリカでは、湿気を含む木材により十分に機能せず、対策として乾燥機を導入するも、機械内部の別の機器に問題が生じ解決にいたらなかった。そして、そのような発電機の移転は、問題解決の過程で、エンジニア、村人、メーカー、などの各アクターの解釈がぶつかり合う社会領域を生み出す結果となった。アクリッチは、技術決定主義を批判し、さまざまなアクターとの相互関係や交渉をとおして、機械の仕様が刻々と変化していく実態を明らかにした。

さらに、機械の技術移転に関する研究は、B・ラトゥールやM・カロンにより提唱されたアクターネットワーク理論（e.g. ラトゥール 2019）に影響を受け、自然／文化の二項対立を批判する観点から、人とモノの異種混合に着目する研究へと展開する（森田 2012）。森田は、M・アクリッチと同様に技術移転を事例に、タイに移転した農業機械の修理から、タイ特有の土壌、部品の摩耗、修理工の過去の経験などの要

素が結びつきながら展開するタイ独自の修理工の実践を明らかにした（森田 2012）。とくに森田の研究において注目すべき点は、機械をモノとして考察するために、機械工学者F・ルーローの機械論を用いたことである。F・ルーローは、機械の「動く」という性格を、機械内部に組み込まれた各部品が互いに相対運動するという関係的性格に起因すると定義した。森田は、そのような機械の「動く」という性格が、内部の部品同士の摩耗による交換を必要とし、部品の交換に関わるタイの修理工の実践を生み出していると考えた（森田 2012: 5）。

とくにF・ルーローの機械論から修理工の実践を考える森田の研究は、本稿で対象とするトヨタの自動車工場の生産ラインを検討するうえでも参照になる。生産ラインを動かすためにも、さまざまなアクターの実践が生み出されているからである。ただし、自動車工場の生産ラインにおいては、森田が紹介する農業機械とは異なる2つの側面がある。1つ目は、市場の動向に合わせてトヨタを中心に各サプライヤー（自動車部品メーカー）の生産ラインが同期しているため、1つのサプライヤーの生産ラインのストップが、自動車生産全体のストップにつながり、大きな問題に発展する点である。2つ目は、単純に機械が動けばよいというわけではなく、機械の精度——いわゆる機械の母性原理（copying principle）が重要になる点である。母性原理とは、機械により生産された製品の品質が、機械の精度により決まるという原理である。つまり、機械の精度が低下すると、製品の精度も低下することを意味する。もし、精度を維持した状態で機械を動かさなければ、一定の品質を保った製品を生産できない事態に陥ってしまう。そのような事態を防ぐために、機械内部の部品には、「公差」が設定されている。部品が「公差」におさまってさえいれば、機械は正常に稼働し問題なく製品が生産される。同時に「公差」におさめるためのさまざまな実践も生み出されている。そのため、現代の産業社会で機械をモノとして考える場合、「公差」のような数値と機械の関係も含めて製作者の実践を検討する必要がある。

以上のように、状況論や科学技術論における機械をめぐる一連の研究は、民族誌調査に基づき、工場や企業、技術移転の現場を中心に、人と機械、社会と機械

の関係性を主題とし多くの研究成果を残した²。しかし、それらの研究は、機械を対象とするが、機械自体がいかなるかたちで製作されているのか、機械の製作過程を議論する研究が少ない傾向にある。そのために、本稿では、前近代的なモノづくりを対象とする民族考古学やフランスのM・モースの身体技法の流れをくむ技術人類学を検討し、事例として紹介する生産ラインの維持に関わるモノづくりのあり方を分析する。

3 技術人類学

技術人類学は、A・ルロワ＝グーランによるシェーン・オペラトワール論を中心に民族考古学のなかで展開し、工程の配列を前提にさまざまな社会の技術的特徴を明らかにした。とくに国内においては、その理論的視座の検討(後藤 2012)、また伝統工芸を中心とした民族誌の蓄積がある(e.g. 後藤 1997, 2002; 金子 2011; 大西 2014)。そのような技術人類学による研究は必ずしも、前近代的なモノづくりに限定し議論されているわけではなく、産業社会のモノづくりも議論の射程に入れている(e.g. Latour et Lemonnier 1994; Sigaut 1994: 446; Ingold 2000: 302; 後藤 2002: 330-331; 大西 2014: 231-235)。そして、その数は限られるが、機械を対象に具体的な事例を提供する研究も確認できる(Chick & Roberts 1987)。

とくに技術人類学は、技術をシステムあるいは制度(Pfaffenberger 1992: 497; Lemonnier 1992: 4-11; 後藤 2002; 大西 2014: 36-38)として考え、モノづくりを総体的に捉える視座を提供している(大西 2014: 32-37)。そして、モノづくりは、技術的に連鎖する「経路」(path)であるネットワークのなかで意味をなし成立する点も強調する(Sigaut 1994: 426)。それは、いわゆる、生産性を求める分業・協業ではなく、工程の論理に基づく分業・協業のなかで、いかに社会関係がつくられているかに着目する視点である。

また、技術人類学は、システムや制度、ネットワークだけでなく、個別の製作者の技術的実践(大西 2014: 32)も考察の対象としている。例えば、言語化できない身体を伴う技能(skill)を探求するべく、製作者の身体から生じるさまざまな動作や姿勢を明らかにすることや、また、身体に関わる場面だけでなく、

製作前の計画やリスク回避などの予測に関わる製作者のプランニング(Keller & Keller 1996; Keller 2001)も製作と関連する工程の1つとして考える。

さらにT・インゴルドは、ルロワ・グーランのシェーン・オペラトワール論における各製作工程の設定と配列という観点からモノづくりを考えるのではなく、刻々と変わる素材と環境、身体との関係が調整され、それらが途切れることなく生成される過程としてモノづくりを考える視座を提供している(Ingold 2006: 67; インゴルド 2017: 63-64)。このようなインゴルドの考え方は、工程分析よりもさらに製作者に近い視点に立ってモノづくりを検討する試みといえる。

以上のように技術人類学は、モノづくりの現場においてシステムや制度である技術、ネットワーク、製作者の思考や身体を伴う技術的実践、また、生成変化のプロセスから、モノづくりを考える視座を提供する。しかし、技術人類学は、基本的には前近代的な地域社会のモノづくりを対象とする傾向にある。本稿で紹介する「公差」は、科学を生産に適用する科学技術の1つであり、このような科学技術を対象とする研究は、文化/社会人類学においては、科学技術論の分野で先行しており(Latour et Lemonnier 1994: 11)、前近代的なモノづくりを主な対象とする技術人類学では必ずしも積極的に論じられているわけではなかった。そのため、本稿で紹介する「公差」のような科学とモノづくりを考える場合、科学技術を論じる状況論や科学技術論と、工程分析を中心に製作に立脚した技術人類学の双方の観点を参照する必要がある。本稿では、この点を念頭に置き、自動車生産システムを支える「公差」をめぐる諸実践を検討する。

III トヨタ生産システム

本章は、自動車生産において、「公差」がなぜ必要になるかを検討するために、トヨタ生産システムを概観する。本稿の事例において「公差」は、トヨタ生産システムのなかでも、機械化、「かんぱん方式」、保全の3つの取り組みと関連する。そのため、本章では3つの取り組みの紹介をとおしてトヨタ生産システムの特徴を示し、「公差」が要請される文脈全体を確認す

² 近年では、工場生産や技術移転の現場だけでなく、日常生活の身近な機械が考察の対象となっている。例えば、将棋ロボット(久保 2018)、ラスベガスのスロットマシン(シュール 2018)、あるいは東京の通勤電車の運行システム(Fisch 2018)を機械とする研究であり、機械と人の関係のさらなる考察を確認できる。

る。なお、本章で提示するデータは、主にトヨタとサプライヤーの社史を中心とする資料に基づいている。

1 機械化

トヨタは、1938年に現在の本社工場である挙母工場を始動させ、本格的に自動車の量産へ舵をきった。しかし、当時のトヨタは、試作車を開発したばかりで、量産するうえで多くの課題をもっていた。その1つが、自動車部品を専門に生産する機械が国内の市場に流通しておらず、機械を主体とした生産方法を採用できなかったことである。当時、副社長であった豊田喜一郎は、そのような事態を危惧し、生産ラインによる自動車部品の生産が必要不可欠であると主張した(豊田文書 1999: 444-445)³。

戦後になると、トヨタは1955年以降のモータリゼーションによる自動車の需要に伴い、機械を積極的に導入する方針をとった(トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会(編) 1967: 328)。その当時の社長であった石田退三が、「能率をあげるには、人を増やすより機械でやれ、儲けたカネはできうる限り設備投資に回せ」(トヨタ自動車株式会社(編) 1987: 254)と社内に檄を飛ばし、海外製の最新鋭の機械を導入した。そして、戦時期からトヨタの現場を担っていた職人氣質の強い熟練工の役割が、しだいに、最新鋭の機械に置き換わっていった(表1)。

例えば、戦時中、トヨタの鍛造工程⁴は、「金焼き」と呼ばれる作業者が炉で材料を熱して、その後、蒸気力をかりてハンマーを手動で上下に動かしコン

ロールしながら鉄を打つ「ハンマ士」、また熱した鉄を火箸で支える「棒心」と補佐役である「先手」によって作業がおこなわれていた。「棒心」は、「親方の存在で、生産量や品質などの責任をもってチームを率いて」おり、また「俗に『金焼き三年、ハンマー五年』といわれ、鍛造工の職人氣質は相当なもので」あった(トヨタ自動車工業株式会社(編) 1978: 93)。親方を中心に、「金焼き」、「棒心」、「ハンマ士」、「先手」の4人でおこなわれ、加工品の温度加減と自由鍛造での荒地成形には高い技能を必要とした(トヨタ産業技術記念館の展示パネルより)。

しかし、このように職人氣質の強い鍛造工程は、1955年に、最新鋭のプレス機械が導入され、従来のハンマー作業がプレス機械に置き換わった(トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会(編) 1967: 398)。そして、機械に置き換えるだけでなく、個々の機械をコンベアで連結し大規模な生産ラインをつくった。

さらに、トヨタは、工場の機械化をサプライヤーに拡張させるために、サプライヤーに対して機械を購入・貸与、また、自社内の旧式の機械を移設した。例えば、トヨタの1次サプライヤーで、気化器やエンジンバルブなどの自動車部品を生産する愛三工業は、創業期にトヨタから機械の支援を受けており、1960年に開始したエンジンバルブの加工は、トヨタの工場内にあった旧式生産ラインの愛三工業への移管により実現した(愛三工業株式会社 1973: 62-63, 66)。愛三工業は、このような生産ラインの貸与や移管によってエンジンバルブの一貫作業を可能にし、エンジンバルブ

表1 1950年代におけるトヨタの熟練作業から機械への置き換え

場所	熟練工による作業	機械による自動化
鑄造工場	手作業によるスキーズ(砂の押し固め)	モールドイングマシン
鍛造工場	「横座」「棒心」によるハンマー操作	プレスマシン
機械工場	汎用機械を扱う専門の作業員	①自動装置を導入し1人で数台の機械を操作できるように工夫 ②トランスファーマシンの導入
車体工場	荒プレスした後に、ハンマーやタガネを使用した手叩きによる仕上げ	新鋭プレスマシンと型による車体加工
メッキ工場	単独槽による懸垂(けんすい)方式	コンベアによる流れ方式

トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会(編) 1967; トヨタ自動車工業株式会社(編) 1978; トヨタ自動車株式会社(編) 1987より筆者作成

³ 和田一夫(編)(1999)『豊田喜一郎文書集成』について『豊田文書』と略。

⁴ 鍛造は、部品を叩いて形にする技法である。トヨタは、戦時期より、クランクシャフト、カムシャフト、コンロッドなど重要なエンジン用部品を自社の工場で作っていた(トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会(編) 1967: 154)。

メーカーとしての地位を確立した(愛三工業株式会社 1973: 69, 117)⁵。

以上のように、トヨタは、熟練作業者を生産ラインに置き換え、各サプライヤーには、機械や生産ラインの購入・貸与・移管をとおして、専門部品メーカーになるように支援し自動車部品の供給体制をつくりあげていった。しかし、トヨタとサプライヤーは機械の能力に依存し過ぎたため、生産量と供給のタイミングにバラツキが生じ遅延などの問題を抱えるようになった(トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会(編) 1967: 421)。その対策として、トヨタは、各サプライヤーが勝手に生産しないようにトヨタのタイミングで部品を生産・供給できるように指示し、その指示によりトヨタと各サプライヤーを同期させた。その指示に基づく方法が次に見る「かんばん方式」である。

2 「かんばん方式」

「かんばん方式」は、各サプライヤーの判断のもと、製品を生産する従来の方法とは異なり、「かんばん」と呼ばれる運行道具を用いて、後工程が「かんばん」に必要なもの、必要なとき、必要な量を記載し、前工程がその指示のもとに、生産に着手し、後工程へ供給する方法である(大野 1978: 52)。この方法によって、もっとも後工程に位置し、組立工程を担うトヨタが「かんばん」によって後工程のサプライヤーに生産を指示するという流れがつけられていった。つまり、生産の意思決定をトヨタに移し、トヨタを頂点に各サプライヤーの生産ラインを同期し、生産全体を1本につなぐ方法といえる。

そして、トヨタは1970年代に入ると「かんばん方式」をサプライヤーに導入・定着させる動きをとるようになった。一方、当時のサプライヤーはオイルショックによる電力・資材の高騰で収益が悪化しており、「かんばん方式」を取り入れて在庫などのムダを省き利益率の向上を考えていた(協豊会50年史編集委員会(編) 1994: 91)。サプライヤーは、トヨタとともに研究会を実施し、また、実習生のトヨタへの派遣やトヨタの幹部の指導から「かんばん方式」の定着を試みた。そして、とくに協豊会やトヨタ自主研(以下、自主研)のような組織が、サプライヤーに「かんばん方式」を定着するうえで大きな役割を果たした。

協豊会は、戦時期から戦後にかけて、懇親会をとおしてトヨタとサプライヤーとのつながりを強めるために結成した半企業性格をもつ組織である。1960年以降になると、従来の懇親的な役割とは異なり、経営や開発、購買、生産技術、品質管理に関する委員会を設置し、トヨタの管理手法に関する研究会や勉強会を実施するようになった(協豊会50年史編集委員会(編) 1994: 45; 和田 1991: 16-19)。また、自主研は、「かんばん方式」の考え方を伝えるために、東海地区の協豊会に所属するサプライヤーとトヨタが共同で実施する研究会である(佐武 2001: 28)。この研究会の特徴は、机上の講義や座学ではなく、サプライヤーの工場を会場にして、他社の従業員がいっしょになって改善箇所を検討し、最終的にトヨタ生産調査室の講評を受ける点にあった(佐武 1998: 176)。このようにトヨタは、組織を介在させることで、サプライヤーに対して生産方法を教える場を設けて、サプライヤーと有機的に結びつくよう努めた。

以上のように、トヨタは「かんばん方式」を定着させ、トヨタとサプライヤーの生産ラインを同期させた。さらに、各サプライヤーも、トヨタの協豊会を模倣し、その下層に位置する2次サプライヤーを育成するための組織をつくり、「かんばん方式」による2次サプライヤーとの同期を試みた。そして、トヨタと1次・2次サプライヤーの生産ラインは、有機的に結びつき1本の鎖として機能するようになった。

3 生産ラインの保全

トヨタは、機械化と「かんばん方式」を中心とする生産システムを定着させたが、そのようなシステムは各サプライヤーの生産ラインが、必要なときに常に動く状態にあってはじめて成立した。もし、生産の途中で、機械が故障し生産ラインがストップすると、「かんばん」の指示どおりに自動車部品を生産できなくなり、後工程に自動車部品を供給できない問題へと発展する。1997年のアイシン精機の刈谷工場の火災や、2007年の新潟県中越沖地震によるピストンリングメーカーのリケン柏崎事業所の操業ストップは、その顕著な事例であろう。しかし、日々の生産のなかでは、このような震災や事故による長期のストップだけでなく、機械の不具合により、生産ラインがストップ

⁵ 当時のトヨタによる生産ラインの移管として、豊田自動織機へのS型エンジンの機械や、大豊工業への青銅ブシュの加工機械の移管の事例が社史に記載されている(トヨタ自動車工業株式会社(編) 1978: 198-199; 大豊工業株式会社60年史編集委員会(編) 2005: 16)。

するリスクが常にある。そのようなリスクに対処する人間が保全担当員である。

トヨタは、1956年に機械メーカーである豊田工機と共同で生産ライン⁶をつくり、1970年に自社で生産ラインをつくった（トヨタ自動車株式会社（編）1987: 335）。そして、生産ラインの保全をおこなうために、保全担当員からなる突発修理グループを組織した（トヨタ自動車株式会社（編）1987: 208）。生産ラインは、稼働中に突如として故障するため、保全担当員を四苦八苦させた。その当時の様子を以下の担当者の話から確認できる。

納入テストで機能・性能が確認されても、実際稼働での不具合事項は予期しない箇所と時間に発生した。異常が発生すると、関係者の自宅に電話が入る。「こんばんは、いつもお世話になります。TR〇〇号機がちょっとおかしいので、すぐお願いします」。時計を見ると午前一時、二時である。すぐタクシーを呼び、関係者2、3人を集めるのに1時間くらいはかかった。…（中略）…作動不良の発生を現地で発生した状態で確認するために、2時間も3時間もトランスファーマシンのそばに立ちつくし、その発生を待つのであるが、そういう時はなぜか作動不良が発生しない」（豊田工機・常務取締役 日下部猛）（トヨタ自動車工業株式会社（編）1978: 250）。

生産ラインは、機械に内蔵されている一部の部品が故障するだけで、生産ライン全体がストップするリスクを常にはらんでいた。このような故障に対して、生産ラインに関わる担当者は、夜に電話がかかろうとも、すぐに現場に向かい、故障の原因を特定し修理する必要があり、いかに個々の機械を動かし続けるかという点が重要な問題となり、人の手のかかる部分となった。

また、「かんぼん」の指示に合わせて機械を動かす必要もあった。そのために、トヨタは「^{べきどうりつ}可動率」とい

う概念を導入した。「可動率」は、1日の工場の稼働時間のなかで、機械が正常に動いている時間の割合を指す⁷。そして、「可動率」の向上が目標になることによって、機械のストップが減り機械の信頼性が高まっていった（トヨタ自動車工業株式会社（編）1978: 441）。

以上のように本章は、トヨタの機械化、「かんぼん」方式、保全の取り組みをとおして、トヨタ生産システムを紹介した。そのシステムの特徴は、機械化と工場同士の同期、また保全担当員により機械を常に動かせる状態にする点にあった。次章でトヨタ生産システムの保全に関わる町工場を紹介し保全の仕事の特徴を「公差」という観点から、さらに掘り下げていく。

IV 「公差」が生み出す技術的実践 ——保全に関わる町工場を事例に

本章は、トヨタの保全を担う会社S社、そして、保全を担う会社から発注を受けて部品を専門に製作する「単品モノ」の町工場T社、NI工業の事例から、トヨタ生産システムになぜ「公差」が必要となるのか、そして、そのような「公差」におさめるためにどのような取り組みがおこなわれているのかを紹介する。

1 調査概要

はじめに、本稿で採用した調査方法を簡単に概観する。本章で用いる資料は、2011年3月～2019年12月までに愛知県西三河地区（主に刈谷市、安城市、豊田市、知立市、西尾市）を中心に断続的に実施したフィールドワークによって得たものである（表2）。調査方法は、2009年に株式会社データフォーラムから出版された『工場ガイド 愛知』をもとに、営業品目が金属加工、また従業員数が、1～29人の工場に絞り込み電話で調査を依頼した⁸。訪問した工場は40社ほどであり、そのなかで、T社を含む2社のみ参与観察の許可がおりた。T社は、調査を始めたばかりの2011年に参与観察の許可がおり、現在にいたるまで継続して調査ができています。そのため、本稿は、必然

6 トヨタの社史には、トランスファーマシンと記載されている。トランスファーマシンは、特定の自動車部品を生産するために個別の機械を連結した機械で、いわゆる生産ラインを意味する。そのため本稿では、トランスファーマシンを生産ラインと記載する。

7 例えば、1日の工場の稼働時間が8時間で2時間だけ機械を稼働したとすると、2時間/8時間で、稼働率は25%となる。この場合、機械は、2時間フル稼働していることになる。しかし、実際に機械は、さまざまな問題によってフル稼働できない。もし、2時間の機械の稼働のなかで、トラブルで1時間ストップしたとすると、1時間/8時間となり、12.5%となる。この割合が「可動率」になる。

8 『工場ガイド 愛知』は、愛知の市町村ごとに立地する工場が記載されている。

表2 調査概要

データ提示箇所	調査日	調査時間	調査工場	インフォーマント	調査方法
IV章2節	2017年6月6日	13時-16時	S社	S専務(60代前半)	インタビューと工場見学
IV章4節	2016年4月22日	10時-17時	T社	H氏(40代前半)とO社長(40代前半)	参与観察
	2016年8月6日	13時-15時	T社	H氏(40代前半)	インタビュー
IV章5節	2012年8月6日	10時-17時	T社	H氏(40代前半)	参与観察
	2012年8月7日	10時-17時	T社	H氏(40代前半)	参与観察
	2019年12月12日	15時-17時	T社	H氏(40代前半)	インタビュー
	2016年9月9日	13時-16時	H社	H社長(40代後半)	参与観察
IV章6節	2014年7月24日	10時-17時	T社	H氏(40代前半)とH氏の父親(60代後半)	参与観察
	2014年7月30日	13時-15時	T社	H氏(40代前半)	インタビュー
IV章7節	2017年10月27日	10時-12時	NI工業	F専務(60代前半)	インタビュー
	2017年11月8日	10時-12時	NI工業	F専務(60代前半)	インタビュー

的にT社の調査で得た資料が大半を占める結果となった。

T社の調査では、参与観察とインタビューによる方法を用いた。参与観察は、H氏(40代前半)やH氏の父親(60代後半)の工場内の仕事を観察する内容が中心となった。またインタビューは、ICレコーダーを用いて工場の歴史、注文主や同業者、機械や道具、仕事内容の確認などを中心に聞き取りを実施した。ただし、このような参与観察やインタビューは、H氏やH氏の父親の仕事の忙しさもあり、共に生活し仕事に関わるという文化/社会人類学におけるオーソドックスな調査方法の実施、また、まとまった期間に連続した調査ができず、調査に入れない期間が長く続くこともあった。そのため、調査までの準備、あるいは、T社以外の関連工場を訪問するなどしながら、少しずつ調査して資料を集めるかたちをとった。

また、T社への参与観察のなかで本稿の事例の中心となる部品調査についても以下に簡単に述べておく。部品調査は、部品を使用する最終ユーザーの許可を得ることができないという理由で、部品の写真やビデオ撮影がほとんど認められなかった。そのため、図面の寸法数値のメモと、現物の簡単なスケッチをもとに、3次元CADで作成する手法をとった。本稿で採用している図は、すべてインフォーマントから許可がおりている。また、具体的な寸法数値について、論文の内容と関わる部分のみ公開しているが、それ以外については図に記載していない。

また、T社以外に紹介する保全を担う会社S社とNI工業は、T社や他の訪問した工場から情報を聞き、アポイントをとってインタビューした。最後に、工場名、工場の人々の名前は、各インフォーマントの要望

どおり、イニシャル表記とした。また、部品名に関しても、図面に記載されている正式名称ではなく、仮名を用いて表記した。それでは、以下に、S社、T社、NI工業の順に事例を紹介する。

2 S社による保全

保全を担うS社は1969年に豊田市に設立した従業員70人の会社で、設立から現在にいたるまでトヨタの保全を担当している。現在では、トヨタの上郷工場、下山工場、田原工場の保全を担当し、それ以外にも、使い古した機械の修理・改造もしており、いわゆる機械のスペシャリスト集団といえる会社である。

そもそも、S社は、開業当初、ほとんど保全に関する知識や技能をもちあわせていなかった。しかし、当時のトヨタは、平日の生産ライン稼働時の点検業務に加えて、土日や盆正月の長期休暇を利用して生産ラインを止め集中的に機械を点検していた。そのため、1年中、生産ラインに張りついていなければならないが、保全担当員の休日を確保できない状況にあった。トヨタは、そのような問題を解消するために自社工場の生産ラインに張りつき、どのメーカーの機械の不具合にも対応できる保全の外注業者を育成する方針をとった。その業者の1つがS社であった。

S社は、トヨタに直接出入りして保全の仕事を教わり、また図面室への出入りが許され、不具合が生じた機械の図面を自由に見れた。さらには、トヨタの工場に機械を納めている機械メーカーへ人員を派遣し、教育指導を受け、生産ラインの保全の仕事を習得していった。そして、開業から20年を経て保全の技術力がトヨタを上回ったという。

S社の主な仕事は、表に示した3つの領域に区分で

表3 S社の仕事内容

仕事	内容
定期点検	機械の点検。主に機械がストップする土日に点検。
予備部品の補給	摩耗・破損しやすいストック部品を注文に応じて供給すること。
「ドカ亭」の処置	急な機械のストップに対して原因を究明し処置すること。
慢性不具合解消	慢性的に（一時的に）生じる原因不明の機械のストップに対して処置すること。
突発性暫定処置法	機械のストップに対して、応急処置すること（正式な処置は、土日などの休みにおこなう）。
レトロフィット化	手動の機械を自動化仕様に改造すること。
機械の移動に伴う精度復旧	機械の設置のときに、機械の精度を保持するためにレベル出し（水平出し）をおこない設置面と機械を水平に保つこと。
オーバーホール	機械を解体し、摩耗している部品を交換し、また油や汚れを除去しきれいにし再び使用できるようにすること。
サイクルタイムアップ	作業時間を短縮するために、作業内容や機械の見直しをおこなうこと。

S社専務の聞き取りをもとに筆者作成

きる（表3）。そのなかで保全の仕事は、定期点検や予備部品の補給、「ドカ亭」⁹の処置、慢性不具合解消、突発性暫定処置のように、機械がストップした場合の応急処置や原因究明をふまえた解決、また機械がストップしないための予防になる。つまり、機械のストップに対する処置が主な仕事になっている。

そして、S社の専務によると、機械のストップでとくに多い原因が、機械内部に組み込まれている部品の摩耗だという。とくに絶えず動き摺動する部分は、摩耗が早いという。そして、保全担当員は機械内部を平常時に確認できないため、どの程度摩耗しているのか判断できない。そのため、トヨタは摺動する箇所部品をピックアップして、予備部品（＝交換部品）として、ストックしており（専務によると常に10個ほど）、機械がストップしたときにすぐに交換できるように対策している。そして、そのような予備部品が少なくなってきたときに補充する役割もS社が担っている。

また、S社は機械がストップした場合、機械を修理しトヨタに納めるが、専務によるとそのときに機械の精度を保証することがなによりも重要になるという。機械の精度とは、精密に部品同士が組み合わせられているかどうかの度合いであり、「公差」により数値管理されている。高精度という言葉は、「公差」で設定した数値の範囲が狭く、より部品同士がしっかりと噛み合うことを意味する。精度についてS社の専務は以下のように述べる。

（…）例えば、あのう、スライド¹⁰ですとか、軸頭¹¹ですとか、例えば軸頭を長年使っていると、なかにベアリングなどが入っていますので、その機械がミクロン台の精度を出しているの、それを全然手を入れしていないと、当然、ガタがきますよね。それで突然ベアリング¹²がくいついちゃって、動かなくなる。（…）ミクロン台の「公差」が必要になるので、当然、機械のマシン精度、それと加工するワークですね、それもワーク精度、そういったものがすべて規格内に入っていないとトヨタさんは受け取ってくれませんので、そういった精度保証もすべて、うちのほうでやらなければいけない（2016年6月7日 S社専務）。

ここで重要な点は、専務が述べる下線で記した箇所である。専務は、不具合が生じた機械を修理した場合に、機械の精度（マシン精度）を保証するだけでなく、機械を動かし、その機械で生産するワーク（加工途中の製品である自動車部品のこと）を加工したときに、そのワークの精度も保証しなければならないことを述べている。つまり、ワークである自動車部品の精度は、機械の精度によって決まる——いわゆる機械の母性原理が働くため、機械の精度を必ず満たさなければならない。そのために、修正する交換部品の精度だけでなく、部品を機械に組み込み、その機械で加工したワークの精度も、トヨタの規格として決められた

9 一時的に機械がストップするわけではなく、長時間にわたり機械がストップすること。

10 刃物台などが、動くレールで、絶えず摺動する部分になる。

11 複数の刃物を取り付ける台。加工するときに自動で動くため、絶えず摺動する部分になる。

12 回転する部品を支えるために組み込まれる部品。

「公差」に入れなければならない。もし、機械に内蔵された部品が摩耗しガタが生じて、機械の精度が落ちる場合には、ワーク精度も落ちることになる。その結果、最終的に完成したときの製品の品質も悪くなる。

そのためにS社の保全担当員は、定期点検の際は、常に精度低下に直結する兆しを読み取ろうとする。定期点検について専務は、以下のように述べている。

耳で確認するのは異音ですよ。ずっと回っているときに、他の軸頭は静かなのに、ちょっとへんな音が聞こえている、というようなかたちで、音で判断します。それと当然、加工していますので、精度がありますので、バラつきがでると、ガタがあるので、そのガタはなにからきているのか、ベアリングなのか、ギアなのか、そういったものが関連しますので、測定具をもっていって測って、やはりこれはこうだから、これをやらないとだめですよ、というのをこちらから言って修理する。(2016年6月7日 S社専務)

S社の保全担当員は、機械のストップと精度の低下を防止するために、日々の定期点検をとおして、機械をチェックしており、とくに機械に内蔵された部品同士の摩耗によって引き起こされるガタに注意している。ガタは、機械のストップの原因としてもっとも多い現象で、機械を動かし続ける以上、摩耗するため完全になくせない。そのために、機械の異音から、その可能性を見極め、予備部品をストックし部品を迅速に交換できるようにしている。そして、そのような部品は、S社のみで製作されているわけではなく、西三河地区の「単品モノ」の町工場へと発注される¹³。当然ながら、部品は、「公差」におさめたかたちで製作しなければならない。次節において「単品モノ」の町工場の製作過程を確認し、いかなるかたちで製作者が「公差」におさめているのかを確認する。

3 「単品モノ」の町工場T社

本節以降は、「単品モノ」の町工場であるT社と一部NI工業の事例を紹介する。とくにT社H氏によるNC旋盤を用いた部品の製作事例を中心に、「公差」の問題が顕著にあらわれる(1)注文主との交渉、(2)準備

と検査、(3)工程の編成の各場面を紹介し、さらには、(4)T社の同業工場であるNI工業F専務(60代前半)の事例から、工場間のネットワークまで射程をのぼし紹介する。

はじめにT社の概要を説明する。T社は、金属切削加工と呼ばれるNC工作機械を使用して金属の余肉を削り形にする技法により部品を製作する工場である。1971年にH氏の父親が、23歳のときに刈谷市に開業し、現在はH氏とH氏の父親、H氏の妻の3人から構成される家族経営の町工場となっている。H氏の父親は、開業当初、若くして開業したため、経験が乏しくトヨタ関連のサプライヤーと取引関係を結べなかった。そのため、まわりの小さな町工場に顔を出しながら不特定多数の注文主から単発的に仕事をもらっていた。そのときに受けた仕事は、現在のように「公差」を必要とする内容ではなかった。図面には、「公差」が記されておらず、寸法のみ記されており、おおまかな形に加工できれば問題なかった。ときには図面がなく、現物を借り模倣して加工することもあった。

1980年以降になると、H氏の父親は、新しいもの好きという性格もあり、当時、市場に流通しはじめたNC工作機械を矢継ぎ早に購入した。そして、NC工作機械により、1回の発注量が多い「数モノ」(自動車部品などの量産部品のことで、現場で使用されている言葉)の仕事を手掛けるようになった。しかし、「数モノ」はコストダウンの要求があるため、しだいに断るようになり、コストダウンの要求がほとんどないが、1回の発注量が少なく「公差」の指示が厳しい機械部品や試作部品のような「単品モノ」の仕事も積極的に受けるようになった。そして、「単品モノ」の仕事も「数モノ」と同様にNC工作機械を使用して製作した。

NC工作機械は、X軸とY軸という座標上を数値どおりに工具が動く設計になっている。1970年代に入り、NC工作機械に搭載されているNC装置(演算処理する部分)の小型化と処理速度の向上、また機械内部の精密部品の開発に伴い、工具をX軸とY軸に正確に動かすことが可能になった。つまり、従来の汎用工作機械に比べると、厳しい「公差」の部品に対して、より正確な加工が容易になったといえる。しかし、「公差」は、NC工作機械を購入し使いこなすだけで、

¹³ S社は、保全の仕事がメインのため、各部品の製作は外注することが多く、「単品モノ」の町工場も含めて西三河地区を中心に40社ほどの外注工場をもっている。

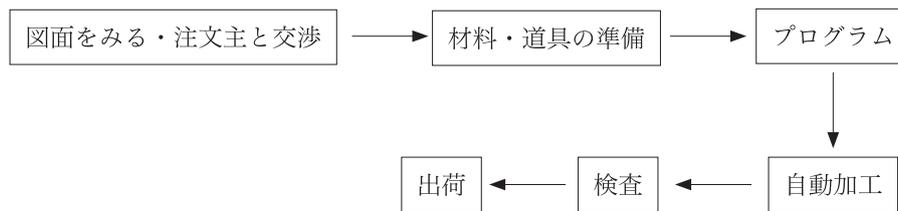


図1 H氏のNC旋盤による部品製作の流れ

達成できるわけではない。日々の製作過程において、細かい配慮やアイデア、また、ある種の身体感覚を伴う諸実践の積み重ねにより、はじめて「公差」におさめることが可能となる。

そのようなT社H氏の部品製作の流れ(図1)は、注文主から渡される図面の確認からはじまる。図面をみながら製作できるかどうか判断し、ときには注文主との交渉もある。そして、注文が決まると、材料(加工対象物)と道具を揃え、それらをNC旋盤に取り付けて、加工の準備をおこなう。同時に、加工条件をNC旋盤にプログラムする。プログラムした後に、ボタンを押すと、NC旋盤が稼働しプログラムどおり自動で加工される。加工が終わると、加工対象物を取り外し「公差」におさまっているかどうか測定具で検査し完了となる。それでは、以降の節で(1)注文主との交渉、(2)準備と検査、(3)工程の編成、(4)ネットワークの順に事例を紹介する。

4 注文主との交渉

「公差」は、注文主からの依頼に対する検討や交渉段階から製作者に意識される。H氏は、図面が届くと、図面をみながら、ときには注文主と電話で話し合い技術的に製作できるかどうか、また工場の生産状況を考えながら、時間的に製作できるかどうか検討する。とくにそのなかでも、「公差」をめぐる問題は、図面の検討や注文主との交渉のなかでたびたび話としてあがる。その理由として、注文を受けたとしても「公差」におさまっていなければ製作をやり直さなければならず、コストや時間のムダ、また注文主の指定した納期の遅れにつながり、注文主の信頼を失うことになるからである。そのため、注文主との交渉は、注文主の信頼を得るという意味でも、また、製作の効率性を高めるという意味でも、重要な工程となる。以下に紹介する事例は、T社の注文主であるO鉄工所O社長が金型に組み込まれた部品の修正をH氏に依頼し、H氏がそのような依頼に応えることが難しいため断ろうとしている場面である(H氏とO社長の会話 2016

年4月22日)。

H氏「踏み直しても……ゼロになることはない。調整ができない」

O社長「位置がずらせない？」

H氏「(メモでRと0.3mmのストレートとテーパの線を描く)ここ(0.3mmのストレート部)をぼおうと思っても……」

O社長「ああ、段がついてしまう」「焼き入れが入った後だから。削らないといけない」

H氏「削った先がどこにあるかわからない」

部品の修正箇所は、H氏が「ここをぼおう(削ろう)と思っても」と述べるところで、具体的には部品の縁の部分である。そして、縁は、R(アールと呼ぶ円弧)部分と直線部分とテーパ(斜め)部分で構成されており、O社長からの依頼はその縁の0.3mmの直線部分を0.05mmほど削るというものである(図2)。しかし、問題は、縁が幅の狭い0.3mmの箇所であり、なおかつ、その部分を0.05mmだけ削るという点にあった。0.05mm削ることで、直線部分に指示されている「公差」におさめる内容となっている。そして、会話ではH氏がそのようなO社長の依頼に対して、なぜ修正が難しいか、その理由を2点話している。

1つ目は、H氏が「踏み直しても……ゼロになることはない。調整ができない」と述べている点である。NC旋盤では、足元にあるフットペダルを踏み加工対象物をNC旋盤に固定する。その際に、できるだけ加工対象物がまっすぐに固定されていることが望ましく、中心からずれると、プログラムどおりに加工できず誤差が生じ、「公差」におさまらない可能性が生じる。そのため、とくに、「公差」が厳しい場合には、ペダルを何度も踏み直しながら、傾いた状態で固定された加工対象物の位置を少しずつずらしながら、できるだけまっすぐに固定して誤差をなくすようにする。しかし、H氏は、「ゼロになることはない」と述べており、ペダルを踏み直しながら固定しても、完全に

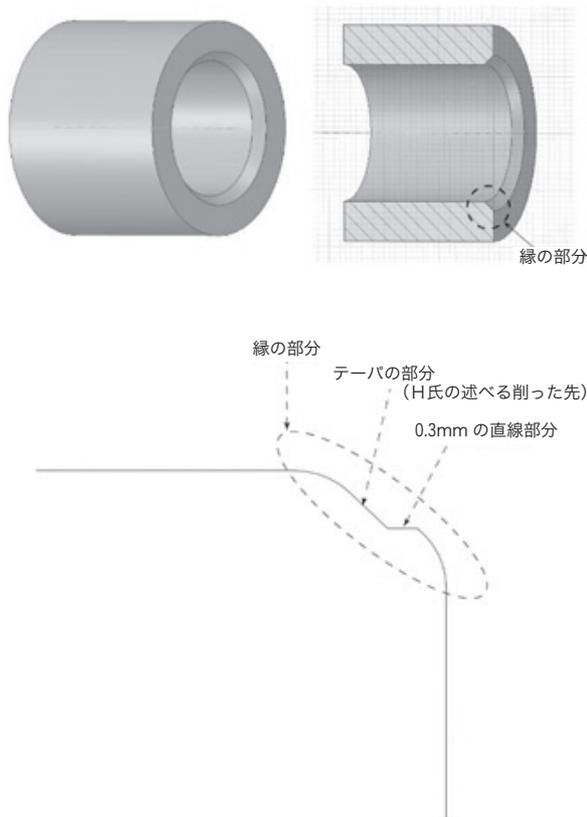


図2 部品

まっすぐに固定し誤差がなくなることは難しいという。つまり、「踏み直しても」完全に「ゼロにならず」(まっすぐにならず)少し傾いた状態になり、プログラムした0.05mmに削れず、依頼どおりの製作が難しいと述べている。

2つ目は、H氏が「削った先がどこにあるかわからない」と述べる点である。直線部分0.3mmの箇所は、非常に狭く少しだけ削り修正しなければならない。しかし、NC旋盤は、プログラムどおりに工具が動くわけではない。工具を保持しているホルダのたわみ、工具の刃先の摩耗、「びびり」と呼ばれる工具の刃先に抵抗がかかり振動するなどの要因が複合的に重なり、

プログラムどおりに工具が動かず0.3mmの部分を少し過ぎて、テーパの部分まで加工してしまう可能性がある。H氏の述べる「削った先がどこにあるかわからない」とは、工具の刃先が加工したときにさまざまな影響を受けて、0.3mmの直線部分を正確に削れない可能性について述べている。

部品をめぐるO社長とH氏の交渉は、O社長からの狭い部分を少しだけ削る依頼に対してフットペダルで「踏み直し」調整する方法でも削れず、また、加工したときに生じる工具の摩耗や振動、たわみなどで誤差が生じる可能性もあり、それらを考慮に入れ断っている。H氏は、0.05mm以下の「公差」におさめるという目標に対して、加工したときに生じる誤差をいくつも想定しながら交渉し、注文を受けるかどうか判断している。その結果、「公差」におさまらず失敗するリスクを回避している。

5 準備と検査

次にH氏の製作準備と検査の段階を確認する。ここでは準備段階として、道具である爪と加工対象物を機械に取り付ける作業について、また、検査の段階として、測定具の使用について紹介する。

爪は、加工対象物をNC旋盤に固定するとき使用する道具である(写真1, 2)。原型である生爪を購入し、その生爪を削って形にして使用する。爪は、できるだけ、加工対象物の大小の大きさと爪の形を合わせる必要があり、もし、合わないと、固定がずれて誤差が生じ「公差」におさまらない可能性が生じる。そのため、H氏は、異なる形の爪を80種類ほどもっている。基本的には、加工対象物の大きさに合わせて、その大きさに近くしっくりはまる爪を選択する。

また、H氏は爪をNC旋盤に固定するときにも注意する。爪は、錆の発生や、微細な鉄粉や切り粉(加工



写真1 さまざまな形をした爪

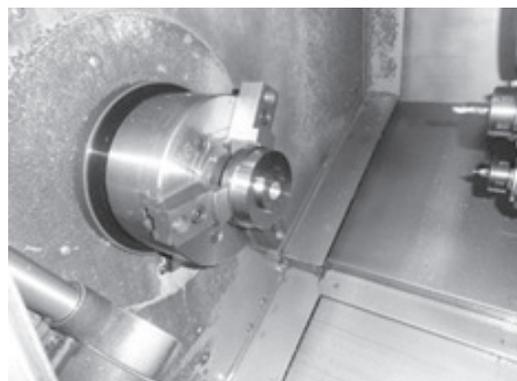


写真2 NC旋盤に取りつけた爪

時に生じる切り屑)が付着しやすい。その場合、爪をNC旋盤にぴったりと取り付けることができず、誤差が生じる可能性がある。そのため、砥石などで表面をこすって錆を除去し、また爪を固定するとき、微細な鉄粉や切り粉がつかないように、エアブローやウェス(機械の油や汚れをふきとる布)できれいにする。そして、最終的には、爪を固定するときには、爪や取り付ける部分を手のひらで入念に触わり、切り粉などの異物がないかどうか確認する。

次に検査段階で使用する測定具を確認する。「公差」におさめることは、製作した部品が「公差」に入っているかどうか検査できて、はじめて可能となる。

そもそも「公差」と測定具が定着する以前は、仕上工がやすりなどを使用し部品同士の接合部を削りながら組み合わせる「^{げんごう}現合合わせ」と呼ばれる方法がとられていた(e.g. ブッカー 1967: 194; 前田 2001: 37; 山下 2004: 102)。つまり、「公差」のような目標となる数値を必要とせず、部品同士がしっくり組み合わさっているかどうかについて身体感覚をもって認識されていた。しかし、1920年代以降に、一部の工作機械企業で生産性を高めるために、「現合合わせ」から脱却し、「公差」の指示と測定具の使用が見られるようになった(山下 2004: 55-57, 97-98, 144; 沢井 2013: 79)。その代表的な測定具がリミットゲージである。

リミットゲージは、加工した部品が「公差」の範囲におさまっているかどうかを確認するための測定具である。例えば、図3のような部品の穴が「公差」(20.00~20.021mm)におさまっているかどうか、リミットゲ

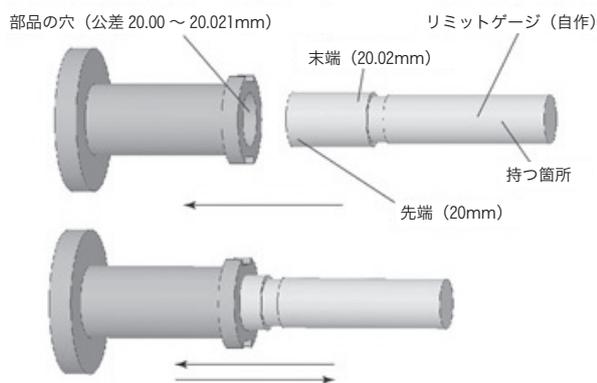


図3 H社自作のリミットゲージ
(下の図のように部品の穴に入れて測定する)

ジを用いて測定する場面から確認していきたい¹⁴。この場合、リミットゲージは、先端が最小寸法(直径20mm)で、末端が最大寸法(直径20.02mm)になっており、先端から末端にかけて太くなっている。そして、そのようなリミットゲージを、部品の穴に出し入れしながら「公差」に入っているかどうかを確認する。もし、穴が「公差」より大きい場合は、リミットゲージを入れたときに、その最大寸法(直径20.02mm)の部分が通り抜けてしまい、「公差」に入っていないことが確認できる。逆に穴が「公差」より小さく加工されていた場合は、リミットゲージを入れたときに最小寸法(直径20mm)が入らず、同様に「公差」に入っていないことが確認できる。そして、「公差」の範囲(20.00~20.021mm)に仕上がっている場合には、リミットゲージをスムーズに出し入れできる。つまり、リミットゲージは、部品の穴の「公差」の指示に対して規定の形をもって確認する測定具といえる。

そして、1970年代になるとそのようなリミットゲージに加えて安価で質の高い測定具が普及するようになった。とくに「三種の神器」ともいわれるマイクロメータ・ノギス・ダイヤルゲージ(写真3, 4, 5)は、現在においても検査するうえで重宝されている測定具であり(日本経営史研究所(編)1985: 190)、H氏も基本的に3つの測定具を多く使用する。

マイクロメータやノギスは、測定する加工対象物を挟み目盛りをみて対象物の長さ(大きさ)を測定する。一方で、ダイヤルゲージは、マイクロメータやノギスとは異なり、直接、2点の大きさを測定するのではなく、基準に対して、変化する量(変位量)を測ることができる。とくに、ここではH氏がマイクロメータやノギスを使用するとき、どのような点に注意しているのか確認する。

H氏は、対象物に対して、測定具を正確に直角方向に当てるように注意して測定する。例えば、対象物の材質が柔らかい場合、測定具の測定面が対象物にめりこみ傾いてしまい、正確に測定できなくなる。さらに、できるだけ、安定して測定できるように、片手で対象物を持ち測定するのではなく、定盤と呼ばれる真っ平な面の上に置き、両手で測定具を持ち測定する。このように誤差が生じないための測定具の使用方

14 リミットゲージによる検査は、T社の事例ではなく、「単品モノ」の研磨を専門とする町工場H社のH社長(40代後半)の仕事内容の事例から紹介している。H社は、研磨を専門とし、従業員4人の刈谷市の町工場である。図で示したリミットゲージは、H社の従業員が自作したものである。

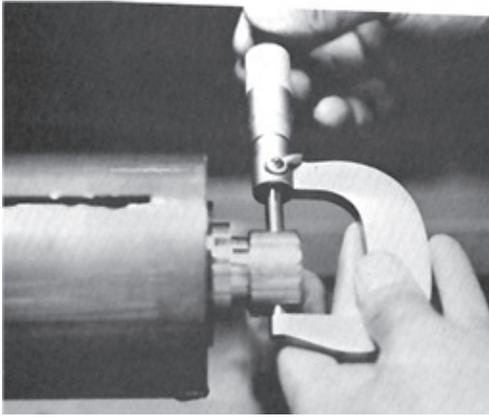


写真3 マイクロメータによる測定
(技能士の友編集部 (編) 1970: 13)

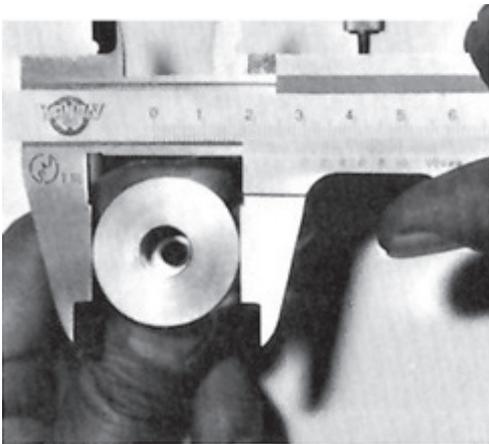


写真4 ノギスによる測定
(技能士の友編集部 (編) 1970: 13)

法や測定具を使用するとき使用する定盤のような道具があり、はじめて正確な測定が可能となる。

さらに、H氏は測定具自体にも注意を払う。測定具は、狂いのない状態であるかどうか常に管理する必要がある。マイクロメータ・ノギス・ダイヤルゲージは、金属であるため、温度変化の大きい環境では伸縮する。そのような変化をチェックし常に測定具が正しい状態で使用できるかどうか確認するために、ブロックゲージと呼ばれる道具を使用する。ブロックゲージは、単純な立方体の形をしているが、その側面は、限りなく平行・平面に仕上げられており、測定具より精密につくられている。そのため、その側面を測定具で測ることで、測定具が正常に機能しているかどうか確認できる。例えば、写真6のようなマイクロメータを確認する場合、10mmのブロックゲージをマイクロ



写真5 ダイヤルゲージによる測定
(技能士の友編集部 (編) 1970: 112)

メータで測定し、測定値が10mmであれば誤差なくマイクロメータに狂いがないことを確認できる。

また、ブロックゲージは、さまざまなサイズがあり、測定具の大きさに合わせて、適当なサイズを選択でき(写真7)、さらには、異なるサイズのブロックゲージを互いに密着させ(写真8)¹⁵、必要となる大きさをつくれるため、さまざまな種類の測定具の狂いを確認できる。このような測定具のための測定具というべき道具を使いこなし、はじめて、「公差」を正確に確認できる。

ここまで、H氏の準備と検査を確認した。H氏は、「公差」におさめるために、準備と検査の段階で、道具と仕事場の環境に対して細心の注意を払っていた。道具は、錆や汚れ、切り粉などの異物や、不安定な土台、温度変化などによって、正確に使用できなくなる可能性が常に生じる。そのため、エアブローや砥石、クリーナーでの除去、最終的に手で触り確認すること、また、測定するときに傾いて対象物を挟まないという身体を伴うある種のこつ、真っ平な平面となる定盤や測定具のマスターとなるブロックゲージの使用が必要不可欠になっていた。このような1つ1つの行為

15 ブロックゲージ同士の密着は、表面の汚れや油膜をふき取り、お互いのブロックゲージを軽く押し付けながら回転させることで可能となる(河合 2008: 126)。

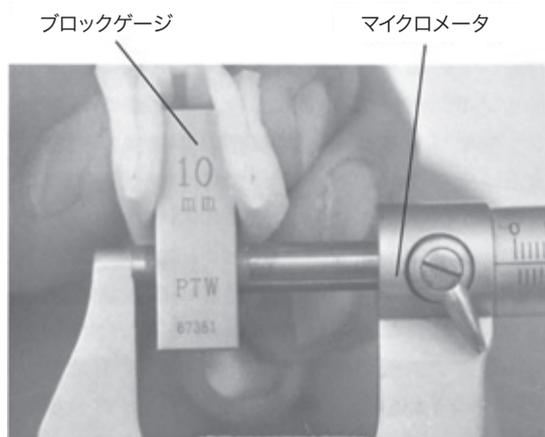


写真6 ブロックゲージ (10mm) による
マイクロメータの測定

(技能士の友編集部 (編) 1970: 158)

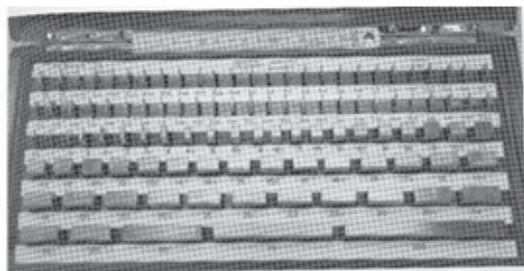
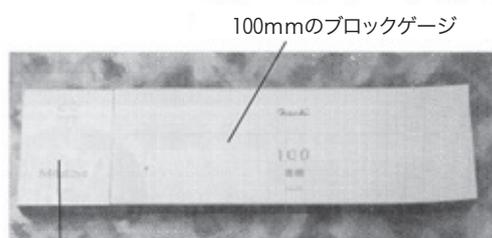


写真7 さまざまなサイズのブロックゲージ

(河合 2008: 121)



25mmのブロックゲージ

写真8 密着させたブロックゲージ

(河合 2008: 126)

によって、「公差」におさまっているかどうかの判断が可能となっている。

6 工程の編成

「公差」におさめることは、工程の編成とも関係している。以下に、部品であるチューブ（仮称）の製作

事例を紹介し、H氏が「公差」におさめるためにいかに工程を編成しているのかを確認する。

チューブは、自動車部品を加工する3次サプライヤーであるD社から注文があった部品である。H氏は、長さ400mm×径40mmの円柱形状の材料の先端を削り形にして切断する工程を編成した（図4）。

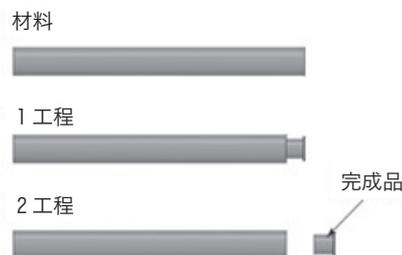


図4 チューブ

しかし、加工途中で、チューブの端面が白く濁った。その濁りは、端面に凹凸（表面が粗くなっている）が生じていることをあらわす。金属の表面は、凹凸が深くなればなるほど見た目が白く濁り、つるつるとした質感から、ざらざらとした質感へと変化する。このような表面の凹凸は、製品の機能やデザインの付加価値を左右する重要な要素となっている。チューブの場合、機械に組み込んだときに、凹凸により部品の摺動部の摩耗が大きくなるため、凹凸の「公差」が14.3ミクロン以下に設定されていた。H氏は、白く濁るという状態を見たとき、凹凸が大きいと考え、14.3ミクロンのなかにおさまっていないと推測し、いったん加工を止めた。そして、白く濁り凹凸が生じた原因を、工具の刃先の振動によってチューブの端面に凹凸が転写されたからだと考えた。

しかし、H氏は、凹凸がどのくらいの深さなのか、測定する専用の検査機械¹⁶をもっておらず正確な数値がわからなかった。そのため白い濁りが14.3ミクロン以下におさまっているかどうか正確に判断できなかった。そこで、「単品モノ」の町工場で研磨を専門とするNI工業に測定を依頼した。測定結果は25.1562ミクロンであり、14.3ミクロンを大きく超えていた。

H氏は、「公差」におさまっていないという結果を受けて、原因として考えていた振動をおさえるために、コレットと呼ばれる道具を使用する工程を追加し

¹⁶ 検査機械は、表面粗さ測定機と呼ばれる機械である。高価であるためT社はおらず、長年の付き合いのあるNI工業のものを借りて検査することが多い。

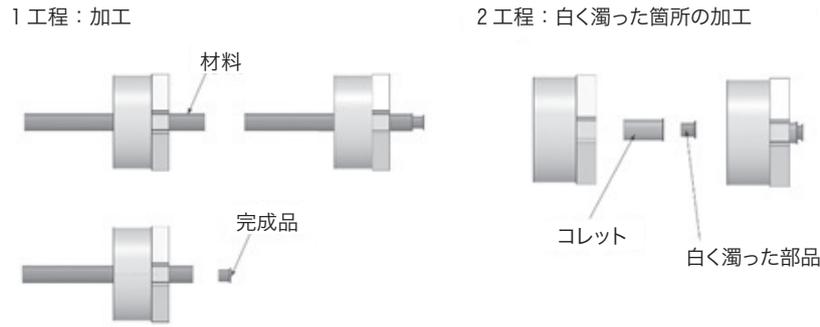


図5 工程の追加

2工程に変更した(図5)¹⁷。コレットは、筒のなかに
 嵌入しているゴムの弾力により振動をおさえた状態で
 対象物を固定する道具である。H氏は、従来の材料を
 固定し、先端を加工し切断する工程に加えて、新たに
 切断したチューブにコレットをかぶせて、その上から
 爪で固定し、端面を加工し凹凸を除去する2工程に変
 更した。そして、工程の変更によって、白い濁りが消
 えて、「公差」におさまらないという問題を解決した。

以上のようにチューブの事例から、表面の凹凸の
 「公差」14.3ミクロンにおさまらないことが問題とな
 り、根本的に工程を見直し解決する過程を確認した。
 H氏は、「公差」におさまらない可能性を白い濁りか
 ら判断できたが、それが公差におさまっていないかど
 うかまでは判断できなかった。そのために、別の工場
 で検査し白い濁りである凹凸を測定し数値として同定
 した。そして、コレットを使用した工程に編成し直し、
 凹凸を除去し「公差」におさめて問題を解決した。

7 ネットワーク

「公差」は、工場単体で問題となるだけでなく、「単
 品モノ」の製作に関わる各工場間のネットワークを横
 断してあらわれる問題でもある。部品の製作の流れ
 は、各工場へ依頼する手配の役割を果たす工場や商社
 があり、そこから、T社のような切削加工工場に依頼
 され、その後、金属を丈夫にする熱処理工場、最終的
 な仕上げを担う研磨工場を経て完成する場合がある。
 以下に、先ほどの事例で紹介した研磨を担うNI工業
 から、F専務(60代前半 女性)が部品であるフラン
 ジ(仮称)を手配する仕事を紹介する。そして、各工
 場間のネットワークのなかでいかに「公差」の問題が

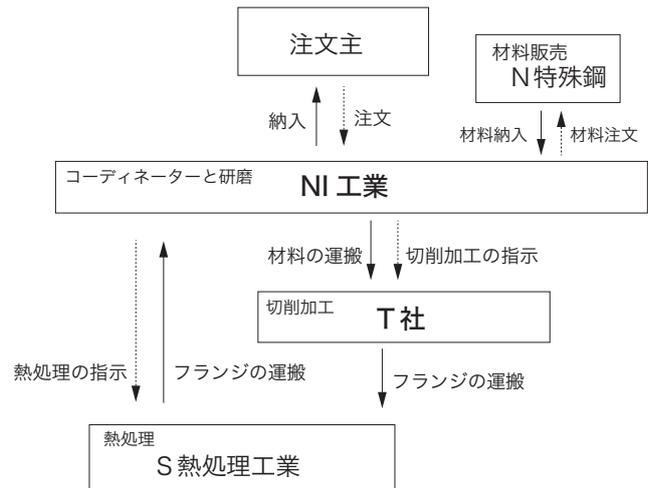


図6 フランジの製作に関わった工場と商社

あらわれるのかを確認する。手配は、図面・納期・個
 数を確認し、それらの情報をもとに製作に関わる各工
 場を選択し製作全体を管理し計画する仕事である。

フランジは、材料の購入、切削加工、熱処理、研磨
 の3つの工場を経て完成する(図6)。F専務は、材
 料を材料問屋(N特殊鋼)で購入し、切削加工をT社
 に依頼し、熱処理をS熱処理工業に依頼し、最後に自
 社で研磨して完成させる計画を考えた。とくにフラン
 ジの場合でF専務が注意した点は、ヒズミと呼ばれる
 変形である。ヒズミは、金属を削るときに加わる衝撃
 や熱処理で金属が軟化して強度が低下し変形する現象
 である。そして、あらかじめコントロールする方法が
 なく、変形により「公差」におさまらない可能性が生
 じる。F専務は、フランジのヒズミについて以下のよ
 うに述べる。

だいたい、(ヒズミが)出るものは決まってる。細

¹⁷ 工程図は、NC旋盤で加工対象物を固定している爪を含む治具の部分を記載している。加工対象物を治具で固定し加工し取り外す一連の作業を1工程としている。

長いもの。薄いもの。薄っぺらい板とかね。絶対にヒズムから、ペコンってなるんだよ。後、形がいびつなものは、穴があいていたりとかすると、そのやっぱり空洞にも焼き（熱処理のこと）が入るから、どっちにどういうふうに変化するかってすごい微妙なんだよね。…（中略）…こういうぺらっとしたつばみたいなもの（フランジのこと）は、ここ焼いて、ほんのちょっとだよ、見た目わかんないけど、そうすると、穴（ボルト穴）が空いてるから、ちょっとこうなったら（傾きを身ぶりで表現しながら）、傾くわけでしょ、穴に入らないとかあるもんで」（F専務 2017年10月27日）。

とくに下線部で記した箇所からわかるように、F専務はフランジの両端のツバのついた部分にある8ヶ所のボルト穴に注意を向けている。8ヶ所のボルト穴は、中心から「 $38 \pm 0.03\text{mm}$ 」の「公差」で穴を空ける必要がある（図7）。しかし、フランジの両端のつばは、薄くなっており（F専務の言う「ぺらっとした」形）、なおかつ、ボルト穴が8ヶ所空くため、フランジ全体の面積比に対して、余肉が少なくなり、よりヒズミやすい状態にある。F専務は、そのようなヒズミの変形によって、8ヶ所のボルト穴が、「公差」におさまらない可能性を懸念している。そのために手配するときに、図面からフランジの形や大きさを確認しボルト穴の8ヶ所のヒズミの可能性を推測した。そして、ボルト穴を加工する切削工場へ注意喚起し、熱処理工場へヒズミを防ぐ効果のある焼入れ防止剤を塗るなどの依頼をした。

以上のように、フランジのヒズミの事例から、「公差」におさまらない問題が、工場単体だけではなく、関連する各工場が共有する問題であることがわかる。そのために、F専務のような手配師が主導して、ヒズミを誘発する情報を共有し、ネットワークを横断してあらわれる「公差」におさまらないというリスクを最

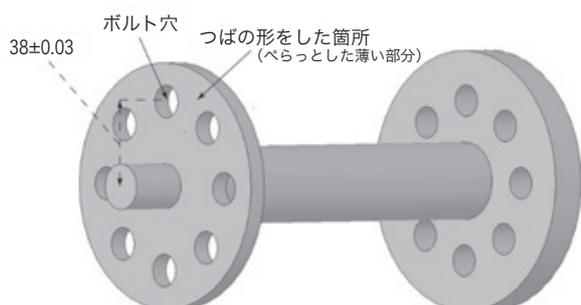


図7 フランジ

小限におさえる対処がなされている。

V 「公差」とシステム、技術的实践、企業間関係

それでは、これまでに紹介した事例を踏まえて、「公差」がいかなるかたちで産業社会のモノづくりに影響を与えているのか、「公差」と自動車生産システム、製作者の技術的实践、そして企業間関係の3つの観点から考えていきたい。

1 「公差」とシステム

はじめに、トヨタ生産システムと「公差」の関係を考えていきたい。第III章で概観したようにトヨタ生産システムは、機械化と「かんばん方式」により工場間の同期を実現し生産ラインを1つの鎖として有機的に結合することで、市場の要求に対してジャスト・イン・タイムで自動車を供給するシステムであった。しかし一方で、突如として生じる不具合により1つの工場の生産ラインがストップすると、結合している他の工場に連鎖的に波及し、最終的に組立工場に部品が供給されず市場に自動車を供給できない問題へと発展する負の側面も含んでいた。そのような事態を防ぐために、保全担当員が、必要なときに機械を動かせるように常に保守点検し、機械の信頼性を限りなく追求する役割を担っていた。

そして、とくに機械を正常に動かすうえで重要な指標となる数値が、「公差」であった。生産ラインは、生産する製品であるワークの精度を規格内におさめなければならないため、機械が動くという状態だけでなく、常に機械の精度を「公差」におさめている状態にしなければならなかった。そのために保全担当員は、機械に内蔵された部品の摩耗の兆候を異音から見極めて、部品の交換によって機械の精度が少しでも低下しないように対策し、日夜、絶え間ない努力を費やしていた。つまり、トヨタ生産システムを機能させるためには、個々の機械の精度の低下を防ぎ、機械に内蔵された部品の「公差」を徹底して管理することが必要不可欠であるといえる。

2 「公差」と技術的实践

次に、「単品モノ」の町工場の製作者の事例をふりかえり、製作過程で「公差」におさめるとはいかなることかを考えていきたい。トヨタ生産システムを規定

する「公差」は、部品を製作する製作者にも、「公差」におさめる志向性をもたせることとなった。

製作者にとって、「公差」におさめることは、注文主からの要求に応え信頼を得るうえで必要不可欠なことであり、そのために製作者は、「公差」の問題を解決するべくさまざまな工夫と対処を生み出していた。本稿では、IV章3節～7節で、そのような「公差」の問題に対して、T社H氏の事例を、注文主との交渉、製作の準備と検査、製作工程の編成、さらには、NI工業専務の手配の事例から各工場間のネットワークまで射程をのびし紹介した。ここでは、先に挙げた事例から、「公差」におさまらないことを誘発する阻害要因と、阻害要因に対する製作者の対処方法を示すことで、「公差」をめぐる製作者の技術的実践の特徴を検討する。

阻害要因は、主に(1)NC旋盤、(2)仕事場の環境、(3)加工対象物の3つから生じている。(1)NC旋盤では、NC旋盤の構成部品の摩耗や振動、工具を取り付ける箇所のため、また、(2)仕事場の環境では、切り粉、錆、汚れの付着、不安定な平面、温度変化、さらには、(3)加工対象物では、材質の柔らかさ、加工途中に生じる凹凸、ヒズミによる変形などが、「公差」におさめる過程で生じる阻害要因となっていた。つまり、使用する機械や加工対象物、仕事場の環境など、製作過程において製作者と密接に関連するモノや環境のなかで阻害要因が生じており、製作者は「公差」におさめるために、そのような阻害要因と向き合わなければならない状況にあった。

そして、製作者は、製作過程においてこれらの3つの阻害要因が同時に生じることから、「公差」におさまらないという事態を防ぐためにさまざまな対処と工夫を試みていた。具体的には、(1)道具の使用、(2)身体感覚、(3)工程の編成、(4)各工場間の情報共有である。(1)道具の使用では、さまざまな大きさの加工対象物に合わせるために多種類の爪の準備、凹凸を誘発する振動を防ぐためのコレットの使用、測定具の狂いを防ぐための基準となるブロックゲージや真っ平な平面となる定盤の使用である。また、(3)身体感覚では、NC旋盤に対象物を固定するときに対象物の傾きを防ぐためにNC旋盤のペダルを踏み直すこと、測定具を対象物と平行に当てるときのある種のこつがあることを確認した。そして、(4)工程編成においては製作全体を見直すことで、問題の解決が見られ、さらに、(5)各工場間のネットワークのなかでは、ヒズミのような変形を誘

発する要因に対して、注意すべき箇所の情報共有がおこなわれていた。

以上のように製作者は、製作過程において、機械、仕事場の環境、加工対象物から生じる「公差」におさまらないという事態に対して、常に気を配りながら、道具や身体、工程編成や情報共有などの数々の対処と工夫をもって回避していた。「公差」は、現場において「公差」におさまらないという阻害要因を引き出すとともに、対処と工夫を伴う製作者の技術的実践を生み出しているといえる。

3 「公差」と企業間関係

「公差」は、製作者の技術的実践を生み出すだけでなく、注文主との関係や工場同士のネットワークを含む企業間関係にも影響を及ぼしている。その点を、IV章3節で紹介したT社の注文主であるO鉄工所との「公差」をめぐる交渉と、IV章7節で紹介したNI工業のネットワークの事例から考えていきたい。

IV章3節は、H氏がO鉄工所の社長からの部品の修正依頼に対して、「公差」におさまらない可能性を見極めて、注文を断った事例である。この事例からは、単純に「公差」におさまらない可能性のある仕事を断っただけでなく、リスクの芽を摘み取ることで、O鉄工所とT社との信頼関係を醸成することにつながっている点を確認できる。O鉄工所の社長は、普段からT社に部品を工場にもち込み相談することが多く、「マルモノ（T社が専門とする旋盤で加工する対象物のこと）は、うちでは不得意だからT社だね」と語り、H氏の旋盤加工に信頼をおいている。そのようなH氏の旋盤加工は、事例で紹介したように、実際の加工だけでなく、交渉時に「公差」に影響を与える工具の摩耗や振動、たわみなどの阻害要因、また機械で調整できるかどうかを瞬時に想定する判断も含まれる。そのような判断は、H氏が、「公差」におさめるための日々の試行錯誤をとおして身につけたものであり、「公差」におさめるという絶え間ない実践と追求が、結果としてO鉄工所のT社への信頼を生み出し、双方の良好な企業間関係の継続につながっているといえる。

また、「公差」は工場と注文主との関係だけでなく、工場同士のネットワークにも影響を与えており、その特徴をIV章7節のNI工業の手配の事例から確認した。事例はフランジのヒズミによって起こる「公差」におさまらない可能性が、1つの工場で問題になるわけで

はなく、製作に関わる各工場間のネットワーク全体に影響を及ぼして問題になる内容であり、そのために、各工場が各技法をもって「公差」におさまらないリスクを回避していた。「公差」は、各工場の実践だけでなく、工場間のネットワーク全体を規定すると同時に、問題解決をとおしてネットワークが機能するためのノウハウの蓄積にもつながっているといえる。

以上から、「公差」は、「公差」におさまらないリスクを回避する各工場の絶え間ない努力を生み出すため、注文主との関係、工場間のネットワークを含む企業間関係の規律を生み出し、同時に、「公差」におさめることを繰り返すことで評価が高まり町工場同士の信頼が醸成され、長期的に見ると継続的な企業間関係の形成につながっているといえる。

VI おわりに

本稿は、西三河地区におけるトヨタの自動車生産システムと、そのシステムを支える生産ラインの維持に関わる保全の仕事や「単品モノ」の町工場を対象に、「公差」がどのように自動車生産のなかで必要とされているのか、また、製作者のいかなる技術的実践を生み出しているのか、さらには、どのようなかたちで工場と注文主や工場同士の関係である企業間関係を規定し生み出しているのかを検討した。

これまでの先行研究では、現代の産業社会におけるモノづくりを民族誌調査に基づき考察する研究が少ないという問題があった。1940年代から1950年代にわが国で議論された「技術論論争」は、主観と客観という限定した枠組みのなか、技術の定義の問題に拘泥し、生産現場で人々がいかなるかたちでモノを製作しているかという議論を欠いていた。一方で、文化／社会人類学では、ポストモダニズムの言語偏重の反省から、科学やモノづくりの現場を民族誌調査で得た資料から検討する研究が展開した。しかし、状況論や科学技術論のなかで、とくに機械を主題とする研究は、現代の産業社会における機械をとりまく実践、あるいは社会関係を主な考察の対象とするが、機械がいかなるかたちで製作されるのか、その過程を詳細に論じる研究が少なかった。また、技術人類学は、身体活動を基礎とした製作過程を詳細に論じるが、現代の産業社会のモノづくりについて、民族誌調査をもとに考察する研究が少なかった。そのため、本稿で紹介した生産ラインや「公差」のような数値をめぐるモノづくりを考

える場合には、文化／社会人類学において、それぞれ個別に発展した現代の技術を対象とする状況論や科学技術論、また前近代の技術を対象とする技術人類学の双方の研究を参照する必要があった。

本稿では、とくに「公差」がモノづくりに及ぼす影響を詳細に検討した。「公差」は、機械の部品同士が組み合わせる部分の寸法誤差を指示した数値であり、トヨタは、そのような数値を設定し管理することで、生産ラインを必要なときに動かすことを可能にした。そして、生産ラインを動かすことは、「公差」におさめるという目標のもと、保全担当員による生産ラインの部品の摩耗の見極めや、部品製作における機械や道具の選択や身体感覚を伴う使用、また工程編成や工場同士の情報共有などの技術的実践を生み出し、そのような技術的実践が繰り返されることで、企業間の信頼関係の醸成にもつながっていた。つまり、「公差」は、自動車の生産システムと製作者、企業間の結節点になっていたといえる。

それでは、このような「公差」は、文化／社会人類学におけるモノづくりの研究において、いかなる意味をもつのだろうか。例えば、技術人類学では、熟練の製作者が、土器の器厚を均等に仕上げる暗黙的な身体技法の考察（大西 2014: 86-88）、鍛冶屋による鉄を叩く思考に関する考察（Keller and Keller 1996）など、地域社会のなかでいかに製作者が身体や思考をもとに、地域特有のモノづくりを展開しているかを論じている。本稿で紹介した生産ラインの維持と、その部品を製作する製作者の事例からも、現代の産業社会において、身体や思考が重要な役割を果たしている点を見てとれた。しかし、複雑性が高まる現代の産業社会のモノづくりは、製作者の身体や思考に基づく判断により製作対象物の形が規定され製作されるというよりも、むしろ「公差」のような数値が製作対象物の形を規定するとともに、製作者の実践を規定し、なおかつ、大きなシステムと個別の製作者を結びつけ、全体を円滑にコントロールするという重要な役割を担っており、その点に特徴があった。本稿で紹介した町工場の製作者は、製作する部品がどのような名称で、どのような工場で、どのように使用されているのか把握していない。しかし、個々の製作者が「公差」におさめる実践を追求すればするほど、結果、システムが正常に動くようになっていく。ただし、製作者は、数値に支配されているというわけではない。むしろ数値は、製作者の志向と実践を新たに生み出しており、個々の

製作者のオリジナリティとなる個性を強く引き出していく。このようなことから、本稿は、数値のなかで生きる製作者のモノづくりという新たな一事例を提供し、技術人類学の領域を広げられるのではないかと考える。

また、このような「公差」への着目は、現代社会のモノづくりの特徴を考えるうえでも有効だと考える。製品の生産は、グローバル化により複雑化し、なおかつ、さまざまなアクターが関わり生産全体が拡張し、個別の当事者にとって、その全体の把握が困難となっている。そのために、例えば、本稿で取り上げたトヨタの「かんばん」による情報や「公差」のような数値の共有が、生産全体を組織するうえで必要不可欠になっている。しかし、そのようなシステムを確認するだけでは、現代のモノづくりの特徴を理解することはできない。そのようなシステムが、個別の製作者にどのような影響を与えて、製作者の1人1人の個性がどのように生まれて、システムに関わっているのかを明らかにする必要がある。そのためには、文化／社会人類学の方法によって、個別の製作者を長期にわたり調査し、標準化を求めるシステムの背後にいかに関別のモノづくりのあり方が展開しているのかを検討する必要がある。

最後に、今後の課題を挙げて、本稿を締めくくりたい。本稿では、トヨタ生産システムと保全の仕事や「単品モノ」の町工場の製作者にとって「公差」がいかなる意味をもつのかを主題としたが、そのような「公差」におさめるための手段である機械や道具がどのような役割を果たしているのかについて、十分に検討できなかった。「単品モノ」の町工場に浸透している機械は「マイマシン」と呼ばれ(福山 1998: 62)、本稿で紹介した自動車工場の生産ラインとは異なり、製作者が機械の癖などを熟知しながら長年にわたり1台の機械に向き合いながら使用する。そして、現代の産業社会において、「マイマシン」は、対象物の削る量を数値であらかじめ設定して使用するNC工作機械が主流になっている。そのため、「公差」におさめるという実践を考えるうえで、NC工作機械の数値が、現場の製作者に対していかなる影響を与えているのかについて考える必要がある。

さらには、そのようなNC工作機械や道具を町工場に供給する工作機械・ツーリング機器(道具)メーカーの影響も考える必要がある。なぜならば、NC工作機械や道具は昔のように製作者自身の手により自作

される部分が少なくなり、あらかじめ工作機械・ツーリング機器メーカーによって開発・設計されており、その過程でNC工作機械や道具自体の精度が追求される数値の向上が他社メーカーと競争するうえで重要な要素になっているからである。つまりは、本稿で紹介した町工場の「公差」の追求は、町工場にNC工作機械や道具を供給するメーカー側の製品に関する「公差」を含めた数値の追求があり、はじめて成立する。そのため、メーカー側が追求する製品の仕様や意向についても検討し、数値をめぐるメーカーと製作者との関係を考える必要がある。

以上の課題をとおして、トヨタの生産ラインの維持という、自動車生産の裏側ともいべき位置にある町工場の事例から、モノづくりにおける数値の意味をより深く分析し、現代の産業社会に関わる人々が、いかに数値に関わりながら生きているのかという実態をより詳細に捉えられるだろうと考える。

謝辞

本稿の執筆にあたり、二名の匿名の査読者から、有益で示唆に富むご助言をいただき、さらに中尾世治氏(京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科)より、貴重なご意見をいただいた。この場を借りて心よりお礼申し上げます。

参考文献

(日本語文献)

相川 春喜

1933 「技術及びテクノロジーの概念」『唯物論研究』8(6): 58-75。

愛三工業株式会社

1973 『愛三工業35年史』愛三工業。

一寸木 俊昭

1970 「技術概念の再検討——経営管理学的技術論への序説」『経営志林』6(3・4): 49-71。

インゴルド、ティム

2017 『メイキング——人類学・考古学・芸術・建築』金子遊、水野友美子、小林耕二(訳)、左右社(Ingold, Tim 2013 *Making: Anthropology, Archaeology, Art and Architecture*. London: Routledge.)。

大西 秀之

2014 『技術と身体の民族誌——フィリピン・ルソン島山地民社会に息づく民俗工芸』昭和堂。

大野 耐一

1978 『トヨタ生産方式——脱規模の経営をめざして』ダイヤモンド社。

金山 浩司

2020 「[コラム4] 元・講座派の技術論——戦時中の相

- 川春喜における「主客の統一」の試みと科学技術の「民族性」『歴史学の縁取り方——フレームワークの史学史』恒木健太郎、左近幸村（編）、pp. 145-156、東京大学出版会。
- 金子 守恵
2011 『土器づくりの民族誌——エチオピア女性職人の地縁技術』昭和堂。
- 河合 利秀
2008 『目で見てわかる測定工具の使い方』日刊工業新聞社。
- 技能士の友編集部（編）
1970 『技能ブックス(1) 測定テクニック』大河出版。
- 協豊会50年史編集委員会（編）
1994 『協豊会50年のあゆみ』東海協豊会。
- 久保 明教
2018 『機械カニバリズム——人間なきあとの人類学へ』講談社。
- 後藤 明
1997 「実践的問題解決過程としての技術——東部インドネシア・ティドレ地方の土器製作」『国立民族学博物館研究報告』22(1): 125-187。
2002 「技術における選択と意思決定——ソロモン諸島における貝ビーズ工芸の事例から」『国立民族学博物館研究報告』27(2): 315-359。
2012 「技術人類学の画期としての1993年——フランス技術人類学のシェーン・オペラトワール論再考」『文化人類学』77(1): 41-59。
- 齊藤 了文
2019 『事故の哲学——ソーシャル・アクシデントと技術倫理』講談社。
- 佐武 弘章
1998 『トヨタ生産方式の生成・発展・変容』東洋経済新報社。
2001 「トヨタ生産方式の展開と「自主研究会」が果たす役割」『福井県立大学経済経営研究』9: 21-34。
- サッチマン、ルーシー・A
1999 『プランと状況的行為——人間-機械コミュニケーションの可能性』佐伯胖（監訳）、上野直樹ほか（訳）、産業図書（Suchman, Lucy A. 1987 *Plans and situated actions: The Problem of Human-Machine Communication*. New York: Cambridge University Press.）。
- 沢井 実
2013 『マザーマシンの夢——日本工作機械工業史』名古屋大学出版会。
- 渋井 康弘
2019 「現代技術とマルクス経済学（特集 マルクス：過去と現在）」『三田学会雑誌』112(1): 47-63。
- 嶋 啓
1977 『技術論論争』ミネルヴァ書房。
- シュール、ナターシャ・ダウ
2018 『デザインされたギャンブル依存症』日暮雅通（訳）、青土社（Schüll, Natasha Dow 2012 *Addiction by Design: Machine Gambling in Las Vegas*. Princeton: Princeton University Press.）。
- 大豊工業株式会社60年史編集委員会（編）
2005 『大豊工業60年史』大豊工業。
- 武谷 三男
1968 『弁証法の諸問題』（武谷三男著作集1）勁草書房。
- データフォーラム
2009 『工場ガイド——愛知』データフォーラム。
- トヨタ自動車工業株式会社（編）
1978 『トヨタのあゆみ——トヨタ自動車工業株式会社創立40周年記念』トヨタ自動車工業。
トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会（編）
1967 『トヨタ自動車30年史』トヨタ自動車工業株式会社。
トヨタ自動車株式会社（編）
1987 『創造限りなく——トヨタ自動車50年史』トヨタ自動車。
- 中岡 哲郎
1974 『コンビナートの労働と社会』平凡社。
1979 『技術を考える13章』日本評論社。
- 中村 静治
1995 『技術論論争史』創風社。
- 日本経営史研究所（編）
1985 『五十年史——株式会社三豊製作所』三豊製作所。
- 橋本 毅彦
2013 『「ものづくり」の科学史——世界を変えた《標準革命》』講談社。
- 日比野 愛子
2019 「工場生産の現場にみる身体——機械の関係性」『国立民族学博物館研究報告』44(2): 255-278。
- 福島 真人
1993 「解説 認知という実践——「状況的学習」への正統的で周辺的なコメンタール」『状況に埋め込まれた学習——正統的周辺参加』レイヴ、ジーン、ウェンガー、エティエンヌ（著）、佐伯胖（訳）、pp. 123-175、産業図書。
2001 『暗黙知の解剖——認知と社会のインターフェイス』金子書房。
- 福山 弘
1998 『誰も書かなかった量産工場の技能論——技能を知らずして技術を語るな！』日本プラントメンテナンス協会。
- ブッカー、ピーター・J
1967 『製図の歴史』原正敏（訳）、みすず書房（Booker, Peter Jeffrey 1963 *A History of Engineering Drawing*. London: Chatto & Windus.）。

- 前田 裕子
2001 『戦時期航空機工業と生産技術形成——三菱航空エンジンと深尾淳二』東京大学出版会。
- マラッツィ、クリスティアン
2009 『現代経済の大転換——コミュニケーションが仕事になるとき』多賀健太郎(訳)、青土社(Marazzi, Christian 1999 *Il Posto dei Calzini. La Svolta Linguistica dell'economia e i suoi Effetti Sulla Politica*. Torino: Bollati Boringhieri.)。
- 宮武 公夫
2007 「序——科学技術の人類学へ向けて(〈特集〉科学技術の人類学)」『文化人類学』71(4): 483-490。
- 村田 純一
2009 『技術の哲学』岩波書店。
- 森田 敦郎
2012 『野生のエンジニアリング——タイ中小工業における人とモノの人類学』世界思想社。
- ネグリ、アントニオ & マイケル・ハート
2003 『帝国——グローバル化の世界秩序とマルチチュードの可能性』水嶋一憲ほか(訳)、以文社(Negri, Antonio & Michael Hardt 2000 *Empire*. Cambridge: Harvard University Press.)。
- 山下 充
2004 『工作機械産業の職場史1889-1945——「職人わざ」に挑んだ技術者たち』早稲田大学出版部。
- 吉岡 斉
1988 「技術」『世界大百科事典』平凡社。
- ラッツァラート、マウリツィオ
2008 『出来事のポリティクス——知-政治と新たな協働』村澤真保呂、中倉智徳(訳)、洛北出版(Lazzarato, Maurizio 2004 *La Politica Dell'evento*. Cosenza: Rubbettino.)。
- ラトゥール、ブリュノ
2019 『社会的なものを組み直す——アクターネットワーク理論入門』伊藤嘉高(訳)、法政大学出版局(Latour, Bruno 2005 *Reassembling the Social An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford: Oxford University Press.)。
- 渡辺 雅男
1986 「技術論の反省」『一橋大学研究年報社会学研究』24: 167-234。
- 和田 一夫
1991 「自動車産業における階層的企業間関係の形成——トヨタ自動車の事例」『経営史学』26(2): 1-27。
- 和田 一夫(編)
1999 『豊田喜一郎文書集成』名古屋大学出版会。
- (外国語文献)
- Akrich, Madeleine
1993 A Gazogene in Costa Rica: An Experiment in Techno-Sociology. In *Technological Choices: Transformation in Material Cultures Since the Neolithic*. Pierre Lemonnier (ed.), pp. 289-387. London: Routledge.
- Chick, Garry E., & M. John Roberts
1987 Lathe Craft: A Study in "Part" Appreciation. *Human Organization* 46(4): 305-317.
- de Laet, Marianne, & Annemarie Mol
2000 The Zimbabwe Bush Pump: Mechanics of a Fluid Technology. *Social Studies of Science* 30(2): 225-263.
- Fisch, Michael
2018 *An Anthropology of the Machine: Tokyo's Commuter Train Network*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hutchins, Edwin
1995 *Cognition in the Wild*. Cambridge Massachusetts: MIT Press.
- Ingold, Tim
2000 Tools, Minds and Machines: An Excursion in the Philosophy of Technology. In *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*. Tim Ingold (ed.), pp. 294-311. London: Routledge.
2006 Walking the Plank: Meditations on a Process of Skill. In *Defining Technological Literacy: Towards an Epistemological Framework*. John R. Dakers (ed.), pp. 65-80. New York: Palgrave Macmillan.
- Keller, Charles M.
2001 Thought and Production: Insights of the Practitioner. In *Anthropological Perspectives on Technology*. Michael B. Schiffer (ed.), pp. 33-45. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Keller, Charles M., & Janet D. Keller
1996 *Cognition and Tool Use: The Blacksmith at Work*. New York: Cambridge University Press.
- Latour, Bruno et Pierre Lemonnier
1994 Introduction: Genèse Sociale des Techniques, Genèse Technique des Humains. In *De la Préhistoire aux Missiles Balistiques: L'intelligence Sociale des Techniques*. Bruno Latour et Pierre Lemonnier (eds.), pp. 9-24. Paris: Découvert.
- Lemonnier, Pierre
1992 *Elements for an Anthropology of Technology*. (*Anthropological Papers* 88). Ann Arbor: Museum of Anthropology at University of Michigan.
- Orr, Julian
1996 *Talking about Machines: An Ethnography of a Modern Job*. New York: Cornell University Press.
- Pfaffenberger, Bryan
1992 Social Anthropology of Technology. *Annual Review of Anthropology* 21: 491-516.
- Sigaut, François
1994 Technology. In *Companion Encyclopedia of Anthropology: Humanity, Culture and Social Life*. Tim Ingold (ed.), pp. 420-459. London: Routledge.

Keeping within Tolerances: Systems, Technical Practices, and Inter-Firm Relationships

Hideaki KATO*

The purpose of this paper is to show how tolerances create factory machinists' practices. Tolerance is the engineering knowledge that organizes the production in factories in modern society. This paper examines the relationship among these tolerances, the Toyota production system, machinists' practices, and relationship between small factories (Machi Koba).

More specifically, in the case of the Toyota production system, I will describe the implementation and synchronization of the production line and the maintenance efforts to increase the reliability of the production line. In doing so, I will describe how the production line is expected to operate when needed and, how this requires a thorough control of the tolerances dictated by the machine parts built into the production line machinery. On the other hand, I will show that "tolerances" create technical practices for machinists that address the various obstacles caused by not keeping within the "tolerances". I will also show that "tolerances" forms inter-firm relationships.

Based on the examples, I will conclude that "tolerances" plays an important role in organizing the automobile production system and influences the technical practices and the inter-firm relationships. Finally, I will describe the role of "monozukuri" in an industrial society, which is lacking in discussions about research concerning modern technology and research on pre-modern technology.

Keywords

Tolerances, Toyota production system, technological anthropology, inter-firm relationships, Japanese monozukuri

* Nanzan University