

精密部品の加工実践における 多層的ヴィジョンの状況的構成

川 床 靖 子

Organizing Multiple Vision

Yasuko Kawatoko

はじめに

CNC（コンピュータ制御の）自動旋盤による精密金属部品の加工工場では、旋盤工、出荷検査者、マネージャー（営業・技術管理者）は、それぞれの視点から製品の切削過程と品質を可視化する実践を行っている。この論文の前半では、旋盤工に焦点を当て、彼らが図面、作業標準書、加工レイアウトなどのインスクリプションをどのように読むのか、そして、切削過程のプログラミングを通してどのように加工工程を可視化するかを探る。後半は、バウンダリーオブジェクト（境界物）としての「作業標準書」に注目する。同一の作業標準書が異なるセクション（部門）では異なる視点を作り出すと共に、各セクション間をコーディネート（調整）するための道具として機能することを見ていく。

金属部品の加工する場面では、全ての作業が旋盤工によって状況的に組織されるヴィジョンのもとになされる。どのように切削道具を動かして成形するかを決めるレイアウト（設計）とそのプログラミング、および、段取り段階でのカリブレーション（補正）という作業は、ローカル（局所的）になされる状況実践の優れた事例である。旋盤工はこれらの作業において切削道具や機械の微細な動きを可視化するために様々なアーティファクト（人工物）を用いて知覚のフィールドを構成する。熟練旋盤工にとって、ヴィジョン（見ること）は環境から情報をピックアップすることでも情報をコードに翻訳することでもない。見ることは行うことなのである。つまり、知覚のフィールドを構成するなかで対象やイベントを可視化する実践なのである。旋盤工は様々なアーティファクトの助けをかりて環境を再構成する、或いは、環境に何かを付け加えることによってこの実践をする。彼らがこのようなことを行うのは自分の作業のためだけではない。彼らが対象やイベントを可視化するのはそれらを他の参加者にも理解可能なものにするためである。部品の加工実践に参加する人々はそれぞれの対象、イベント、そして、作業上の関係を互いに見えるようにすることを通して分業を協働で組織する。同時に、そのような活動がそれぞれの実践を作り上げる。言い換えれば、実践への参加者は互いのヴィジョン（視点）を互いに可

視化することを通して自らのヴィジョンを作るのである。

論文の前半では、旋盤工によるレイアウト作成とプログラミングのプロセスを詳細に記述する。加工プログラムのデザイン（設計）は物理的かつ経済的制約のもとに作られる。本生産に入る前には必ず試作部品が作られるのだが、「段取り（プリセッティング）」と呼ばれるその段階において、旋盤工は試作部品を作り、出来上がった部品を測定し、測定値の結果からプログラムを補正することを繰り返し行う。一見すると、旋盤工は、その都度、出来上った試作部品だけを測定しているかのように見える。しかし、実際には、その部品だけではなく、機械の状態、切削刃物の動き、そして、刃物をコントロールするプログラムを測定しているのである。加工プログラムの作成は決して自己充足的な過程ではなく、測定値とその意味は行為のコースのなかでリフレクシヴ（相互反映的）に形成されるのである。

論文の後半では、バウンダリーオブジェクト（境界物）としての「作業標準書（スタンダードプラン）」に焦点を当てる。作業標準書が異なるセクション（部門）間の行為とヴィジョンをコーディネート（調整）するためにどのように使われているのかを記述する。さらに、作業標準書が各部門に深く埋め込まれそれぞれの作業を組織するそのやり方を分析することによって、“バウンダリーオブジェクト”（Star & Griesemer, 1989）の概念の再定式化を試みる。

作業標準書は当該工場の全ての部門において活動を組織するうえで最も重要なリソースである。作業標準書には、発注された加工品の図面、公差の寸法と注意書き、加工品名、加工に使用する機械のタイプ、前に加工したときのプログラムのファイル番号、加工素材の寸法と材質、加工数量、後工程の内容と工場名、そして、標準書作成年月日が記されている。作業標準書は部品の発注を受けた後、管理部門で原本が作成され、旋盤部門と検査部門にそのコピーが渡される。各部門では作業の内容に合わせて、指示や注意、レイアウトなどをそれに書き加える。作業標準書はそれぞれの部署にふさわしく加工される。このようにして、切削過程と加工品の質を確保するための多層的な視点が各部門においてカスタマイズされた作業標準書と共に構成されるのである。同時に、作業標準書は部門間の関係を組織するための道具にもなる。

ここでの作業標準書は、テラー主義的管理工学が標榜する単純で標準的な加工ステップを記した仕様書というよりは、むしろ、多重の文脈、或いは、分業を相互にエラボレイトする（より明らかにする）ためのアーティファクト（人工物）と見るべきであろう。作業標準書は製造工程と加工品の質を多視点的に可視化することによって多様な文脈と分業を組織するアーティファクトになる。同時に、多様な文脈や分業を組織することを通してバウンダリーオブジェクト（境界物）として構成される。このようなことから、バウンダリーオブジェクトとは、予め与えられているもの、或いは、Star（1989）が言うような「アクターグループの真ん中に鎮座する」（p.46）ものではない。バウンダリーオブジェクトがそうではないのと同様に、アクターグループや分業も予めあるもの、或いは、与えられているものではない。実践を通して相互に相互を可視化、構成しているのである。このように、精密部品の加工実践への参加者は様々なアーティファクトを

用いて、作業の文脈や他の分業との関係の中で自らのヴィジョンを作り上げているのである。

＜S精密部品製造工場＞

S精密部品製造工場は数多くの部品工場が集まるS市の工業団地にある。S工場は直径3～16ミリの部品、例えば、電子コネクタピン、小型モーターシャフト、プリンターヘッドなどの精密金属部品をCNC旋盤とカム旋盤によって加工する。素材として、真鍮、青銅、鋼、ステンレススチールなどが用いられるのである。その他に、超極細ワイヤー素材を用いた直径0.5ミリの極小部品の加工を行っている。

部品の生産工程は顧客から仮注文を得た時点ではじまる。工場長は顧客から送られた図面を読み、様々な要因を考慮しながら大まかに生産工程を見積もる：例えば、一つの部品を作るのにどれだけの切削プロセスを必要とするのか、どのタイプの旋盤機（CNC旋盤かカム旋盤か）を使うべきか、注文部品を製造するのにどのくらいの時間がかかるか、どの機械をその加工に充当するか等々を勘案し、見積書を作成する。その見積書を顧客に提示し、コストについて交渉をした後、顧客から正式の注文を受ける。注文部品の加工を担当する旋盤工は加工のレイアウトを描き、プログラムを作成する。次章では、旋盤工がCNC自動旋盤で精密部品を加工するプロセスを詳述する。

1. 図面を読む：刃物の動きをイメージする

旋盤工による図面の“読み”はプログラム作成（プログラミング）の作業に埋め込まれている。彼らは図面を読み、図面通りに部品を加工するには刃物をどのように動かしたらよいのか、そして、それをどのようにプログラムの数値として具体化すべきかを決める。図面を見ながら、彼らはどんな刃物を何本機械に装着し、どのようにそれらを動かしたらよいのかを構想する。図面には部品の各部分の長さや直径がミクロンのレベルで記載されている（図1）。しかし、部品を成形するための刃物の動きに関するインストラクションは全くない。このような状況のもと、旋盤工はどのように刃物の動きをイメージしていくのだろうか。

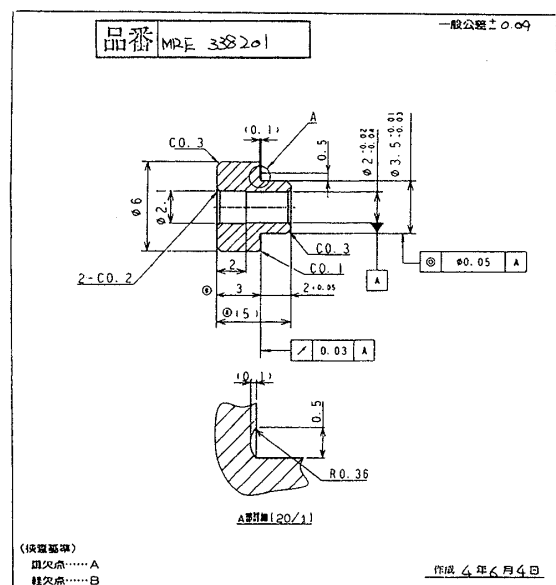


図1 部品（ベアリング）の図面

刃物の動きを可視化するための知覚のフィールドの構成

精密部品を加工するにあたり、旋盤工は刃物の動きを可視化するための知覚のフィールドを構成する。標準タイプのCNC自動旋盤機には、5ないし6本のバイト（成形用切削刃物）と3本の穴あけ用ドリルの装着が可能である。バイトは加工材料の中心へ向けて垂直に動いて切削成形する。ドリルは材料に対して水平方向に動いて穴を開ける（図2参照）。約2.5メートルの棒状の素材は高速回転して水平方向に移動する。

旋盤工はバイトの動く方向をX軸、ドリルと素材の動く方向をZ軸と呼ぶ。バイト、ドリル、そして、材料がX軸、Z軸の方向に動くことで部品を加工する。図3に表わしたように、旋盤工は切削道具の動きを可視的にするために図面のパーツを想像上のX,Z軸に置いてみる。言い換えると、彼らは道具の動きを可視化するため

にX,Z軸を用いて知覚のフィールドを構成する。これは、リンチによって紹介されたトカゲのテリトリーを調査する生物学者のやり方と類似している（Lynch, 1990）。生物学者は大地に杭を打ち込み20ヤード間隔のグリッドを作ることによって大地を数理的なフィールドに変換し、トカゲの位置と動きを可視化する。

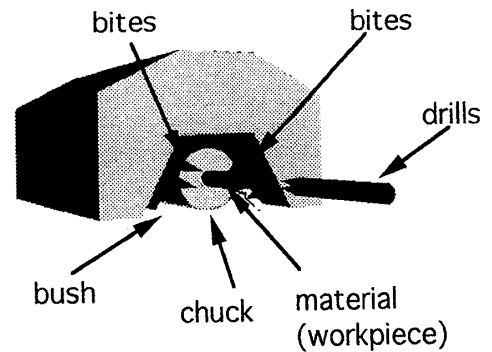


図2 旋盤機のメカニカルセッティング

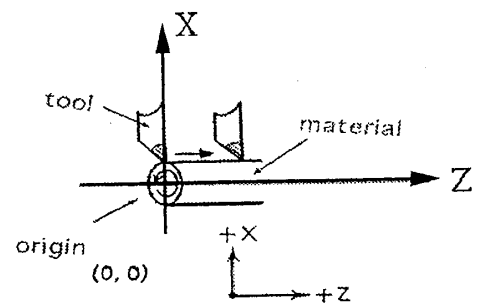


図3 X,Z軸上の金属材料

図面に可能な行為のセットを読む

旋盤工は、さらに、切削道具の動きを可視化するために点と矢印線からなるダイアグラムを利用する。パットスピンドルの加工における溝のエッジ（角）を平らにする場合（G部分の面取り加工）をみてみよう（図4参照）。図4-1、4-2のように、バイトを2本使うか、1本だけで切削するかによってダイアグラムは異なる。図4-1は、一方のバイトが溝の左エッジの面取り（鋭角を切り落として平らにすること）をして刃先を引き上げ、他方のバイトが右のエッジの面取りをして刃先を引き上げること示している。図4-2は、一本のバイトが左エッジの面取りをしたあとにZ軸方向に少し移動し、刃先を引き上げつつ右エッジを切り落とすという動きを指している。

"Pat Spindle"

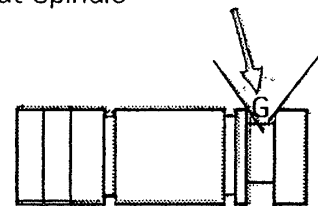


図4 G部分の角の面取り

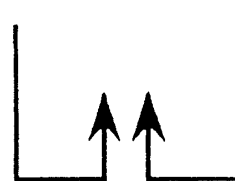


図4-1 2本のバイトで加工
(2ユニットの加工)

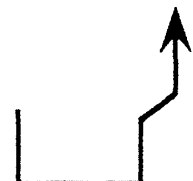


図4-2 1本のバイトで加工
(1ユニットの加工)

次に、ベアリング加工において直角を成形し、角の面取りをする場合を見てみよう（図5）。このケースも二通りの切削方法がある。2本のバイトを使う場合は、一方のバイトが直角をつくり、他方が角の面取りをする（図5-1参照）。1本のバイトで成形する場合は、図5-2のように、はじめに面取りをし、それから直角を成形する。

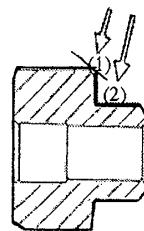


図5 成形と面取り

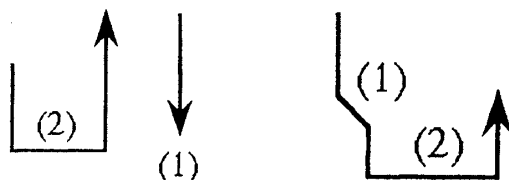


図5-1 2本のバイトで加工

図5-2 1本のバイトで加工

以上のケースで見たように、各切削道具は指示された動きによって各部分を成形する。

ダイアグラムによって表現された各切削道具の動きは加工のユニットを表わしている。加工のプロセスの全体は、ダイアグラムによって、

切削行為のユニットの積み重ねとして表現される。次の節で詳細に説明するが、加工のユニットはレイアウトのユニット、そして、プログラムのユニットを示している。それゆえ、ダイアグラムによって表現された加工のユニットは旋盤工の行為のセットでもある。旋盤工はX、Zという想像上の軸、および、ダイアグラムを用いて知覚のフィールドを構成し、図面上に可能な行為のセット、つまり、加工レイアウトとそのプログラミングへ至る加工のユニットを読み込んでいるのである。

2. 状況的プログラミング

CNC 自動旋盤部門

S工場の大きな建物の中ではCNC自動旋盤部門、カム旋盤部門、エコマチック自動旋盤部門が作業をしている。同じフロアに品質検査ルームとプログラミングの作業を行う部屋がある。CNC自動旋盤部門では16台の機械が24時間フルに稼働する。通常の作業時間以外は完全自動化（無人化）の体制がとられている。CNC自動旋盤部門の作業はチーフを含めて3人の技術者が担当する。チーフはCNC自動旋盤で作業をすること10年のベテランである。新しいオーダーが入ると、彼はフロアの隅にある作業室で「段取り」の準備をする。S工場が受けるオーダーの約90%は以前に加工したことのある部品、或いは、定期的に発注される部品である。従って、チーフはまず旋盤部門にファイルされているこれまでの作業標準書の中から新たにオーダーされた部品と同一または類似の作業標準書を探し出す。作業標準書には以前に他の担当者によってデザインされた加工のレイアウトが書き込まれている。彼はプログラミングのための重要なリソースとしてこうした手書きのレイアウトを利用する。ディスクや紙に残された以前のプログラムが存在する場合にはそれらを参照する。図6に示したように、手書きのレイアウトが記載された作業標

N6 G68
M28
G4 U0.3
G0 X18.0 Z88.75 T7
G1 X17.0 F300
X10.0 F30
X17.0 F300
G4 U0.4
X11.0
X7.0 F30
X17.0 F300
G4 U0.4
X8.0
X4.0 F30
X17.0 F300
G4 U0.4
X5.0
X2.5 F30
G4 U0.2
X17.0 F300
G0 X20.0
T2300

N7 G69
G0 X10.0 Z88.75 T2
G1 X9.0 F300
U-7.0 F30
G4 U0.2
X9.0 F300
G0 X20.0 M20
G4 U0.3
M98 P9030
T1500

[illegible]

標準書と以前のプログラムを見比べながら、彼は新たに発注された部品の加工のためのプログラムを作成する。全く新規の部品のオーダーを受けたときには、新規に加工レイアウトとそのプログラムを作り、作業標準書に加工のレイアウトを書き込む。

CNC 自動旋盤歴 4 年のもう一人の旋盤工は、工程数が 3 から 4 個の比較的単純な部品のプログラム作りを任されている。新人旋盤工はプログラム作成にはタッチせず、チーフの作業をアシストする。熟練旋盤工である工場長はこの 3 人に折々のアドバイスを与え、トラブルが発生したときには彼らと共にその原因究明に当たる。

ここで、金属を切削するためのメカニカルなセッティング（図2）について簡単に説明しておこう。円柱状の加工材料は旋盤のチャック（つかみ）でしっかり握られ、ブッシュ（穴の内面にはめ込む円筒部品）によってガイドされる。機械には5本のバイトと3本のドリルを装着することができる。切削プログラムにそって加工材料が高速回転しながらZ軸方向に進むなか、バイト、或いは、ドリルが材料を切削し成形する（図3参照）。全加工プロセスが完了すると、出来上がった部品は加工材料から切り落とされる。スタートから切り落とされるまでの全プロセスを「サイクルタイム」と呼ぶ。旋盤工は加工レイアウトをデザインするとき、コストの低減を考え

でサイクルタイムを最大限短くするよう努力する。

加工のレイアウトとそのプログラムは刃物の動きのユニットとして構成される。旋盤工は加工のレイアウトとプログラムを作成する際には、様々な物理的、機械的、経済的な制約を考慮しなければならない。制約は、例えば、パーツの形、サイズ、加工の精密度、時間的な問題等々、様々な面で生じる。レコーダーの部品である小さなベアリング（図1）を例に、様々な制約のもとで旋盤工がどのようにレイアウトを作成するのかを見てみよう。

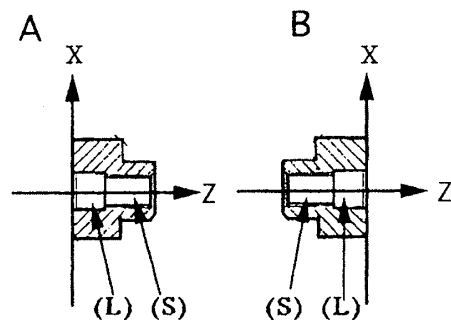


図7 X, Z軸座標上に部品を置く

旋盤工は、はじめに、図7のAまたはBのように「ベアリング」を想像上のX-Z座標上に置く。そして、どの方向から加工をスタートさせるべきかを定める。この「ベアリング」の場合は図面から幾つかの制約が読み取られ、Bが選ばれる。制約の一つは、ベアリングに大小二つの穴が存在することから生じている。大きい穴Lは小さい穴Sよりも先にドリルされる必要がある。大きい方の穴は小さい方の穴あけに使われるマイクロドリルが正しく中心を捉えるよう導く役目をするからである。さらに、どのような場合でも、バイトによる成形の前にドリルで穴あけをするほうがよいとされる。ドリルによる穴あけはセンターがズレることを避けるためにできるだけチャックの近くでなされるべきだからである。ドリルの過程でセンターがズレる可能性はチャックから離れれば離れるほど増加する。

このような物理的制約を考慮した結果、「ベアリング」の加工工程は図8のようになった。最初のT1, T2, T3のユニットは穴あけの工程である：T1はセンタードリルで穴の中心に点をうつ。そのダイアグラムは左向きの矢印である。T2は普通のドリルで直径2.1mmの穴をあけるプロセス（公差は0.02と0.04の間）であり、そのダイアグラムはT1と同じ左向きの矢印で表現される。

T3は直径2.0mmの穴をマイクロドリルであけるプロセスであり、そのダイアグラムはT1, T2と同じである。いままでの工程ですでに次のような4つの制約が生じている：センタリングのプロセスは常にドリルの前でなければならない。さもないと、ドリルのポイントが滑る可能性がある。穴あけの順番は前述のように穴のサイズに依る。どの切削道具を使うかということは図面に明示された精度に依る。このケースでサイクルタイムをより短くしたければ、T2, T3は特殊なタイプのドリルを用いて同時加工することができる。しかし、その特殊なドリルは高価であるが。

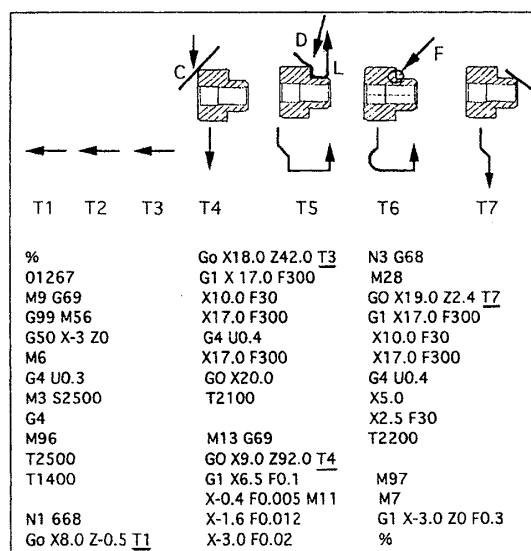


図8 ベアリングの加工レイアウトとプログラム

次は角Cの面取り（角を切り落とす）加工である（T4）。この加工では、切り落とす際にバリが出ないように45度の切削角度を持つ特殊なバイトを使う必要がある。T4のダイアグラムは下向きの矢印で示される。T5はL字型を成形して角Dの面取りをする。この加工は二通りある。もしも旋盤工が1本のバイトでL字型を成形し、続けて角Dの面取りをするならば加工は1ユニットであり、そのダイアグラムは図8に示される通りである。仮に2種類のバイトを使用するならば、その加工は2ユニットになり、ダイアグラムは図5-1のようになる。前者の1ユニット加工の場合、サイクルタイムは短くなるが、切削が荒くなる。後者の2ユニット加工の場合、切り口はきれいに仕上がる。この事例の場合は図面に示された物理的、経済的制約が考慮されて、1ユニット加工が選ばれた。その理由は次の通りである：図面に、内側の角に丸みをつけるよう指示がある。このことは、どのみちこの部分で二つの加工が必要であることを意味する。それならば、最初の加工は荒くてもよい。つまり、内側の角を丸くするときに仕上げの切削をすることが可能だからである。また、旋盤工は出来る限りサイクルタイムを短くすることが常に要請されている。

次のユニット、T6はL字部分の内側の角を丸くして金属の表面の仕上げをする加工である。ここではアーク型に内側の角を削る特殊なバイトが使われる。このユニットのダイアグラムは図8に示す通りである。最後のユニット、T7は普通のバイトで角Fの面を取り、続けて加工部品を材料から切り落とすプロセスである。ダイアグラムは図8の通りである。

加工のプログラムは全体を見通しながら、同時に、ローカルなその都度の決定に基づいて状況的に作られる。顧客の要求、生産性、後工程を委ねる工場の技術水準、そして、ベアリングのケースで述べたような様々な物理的、経済的制約のもとに作られる。旋盤工はこれら全ての制約を考慮しながら状況的に切削過程についてのヴィジョンを作り上げる。彼らの決定は何らかのルールに従って予めなされるのではない。レイアウトを描き、プログラムを作るという加工実践の状況的プロセスは、オール（Orr 1990）によって紹介されたコピー機の修理技術者の実践と同様に、後付け的に標準化されたフローチャートで表現されうるものではない。

“加工”を公に可視化するためのリソースとしてのレイアウトとプログラム

加工のためのプログラムは「ブロック」の連なりから構成されている。これらのブロックはレイアウト作成の際に表現されたダイアグラムをもとに作られる。図8はプログラムとその基になるダイアグラム・ユニットを並置したものである。各ユニットの内容は数形式のプログラムの1ブロックに表現されている。ユニットとブロックは共に加工の境界を可視的にする。同時に、それらの境界が切削過程とそのプログラムを可視的にする。ダイアグラムのレイアウトと数形式のプログラムという異なる表現が互いに互いをエラボライトしている（より詳細に説明している）。

旋盤工は、常に、図面、手書きのレイアウト、作業標準書に書かれた注意書き、そして、以前

のプログラムを並置 (juxtaposition) し、相互参照しながら作業をする。このようなアーティファクトを並置することによって、様々な物理的、経済的制約にもかかわらず、旋盤工は適切な手続きを選択することができるのである。これらアーティファクトは旋盤工のプロフェッショナルな仕事の文脈、行為のコースの中で有効なリソースになっている。同時にまた、レイアウト作成のプロセスにおける旋盤工による刃物の動きを視覚化する方法は、その旋盤工のみならず切削加工の実践に参加する他の部門、顧客を含む他のメンバーにも“加工”を可視的にする。

3. 状況的測定

段取り場面における状況的測定としての補正

加工に入る前に、旋盤工は、チャックとブッシュによる加工材料の握りを調整する。そして、機械に適切な刃物を装着し、刃物とシャフトと冷却オイルのパイプを調整する。それからプログラムを入力し、試作部品を作る。加工された試作品を測定し、プログラムに補正の値を入力して、再び試作品を作る。繰り返し行われるこのような加工と補正の行為は、試作品に満足すべき測定値が得られるまで続く。このフェイズを「段取り」と呼ぶ。

段取りで最も特徴的なのは旋盤工による相互交渉的な補正行為である。そこでは作業標準書に添付された図面、手書きのレイアウト、注意書き、そしてモニター上のプログラムと試作品を対照させながら、マイクロメーター、マイクロスコープ、プロジェクター、或いは、目測で各試作品を繰り返し測定する。試作品を測定し、作業標準書を覗き込み、偏差を調べながら補正值を入力するという一連の行為をスムーズに遂行することができるように、作業標準書、モニター、そしてキーボードは CNC 自動旋盤上に並んで配置されている (図9)。

段取りにおける「補正 (カリブレーション)」の目的の一つは、加工品のサイズと切削部位のバランスを正確なものにすることにある。例えば、刃先きを研磨するためにバイトを取り外し、研磨後再び機械にセットし直すと、加工の始点が0.01から0.02mmほどずれることが時々起きる。もしも新しい始点のための数値がコンピュータに入力されなければ、試作品の長さは予定より短くなる。また、溝と溝の間のバランスも崩れる。それゆえ、旋盤工は始点の位置をその都度チェックしなければならないのである。

図4のパット・スピンドルのエッジを加工するケースを用いて、旋盤工が実際に段取り場面でどのように補正を行うのかを見てみよう。旋盤工は試作品における溝Gの両エッジがきれいに面取りされているか否かを目測で調べた。それから彼は再び図面を見た。そのとき、彼はバリがあってはいけないという作業標準書の注意書き

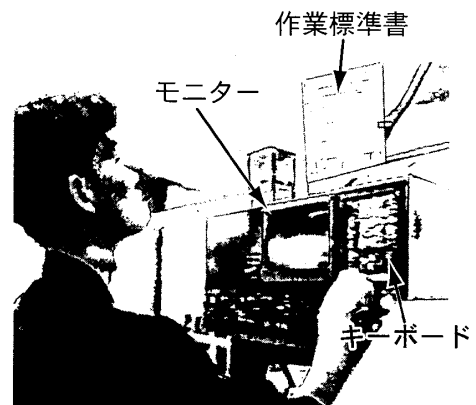


図9 作業標準書、モニター、キーボードの並置

に気づいた。マイクロスコープで再び試作品を測定すると、一方のエッジにわずかなバリのあることを発見した。彼はバイトの刃先を調べてみたが異常は見つからなかった。そこで、彼はこの部分のレイアウトを2ユニットから1ユニットに変更することを決めた（図4-1, 4-2を参照）。彼はX軸, Z軸の数値を補正するために試作品をプロジェクターで測定した。彼はプログラムを少し修正し、補正数値を入力して新たに試作品を加工した。出来上がった新しい試作品を測定したところ、今度はどちらのエッジにもバリは出なかった。しかし、先ほどプログラムを変更したので、他の部分のバランスを補正する必要があった。彼は補正の数値を計算し、それを入力して新たな試作品を作った。新しい試作品を作っては補正するというこのサイクルを彼は6, 7回繰り返した。旋盤工が試作品を作り測定するのは、試作品を測ることによってそのプログラムの適否を吟味しているのだということをこのケースは示している。

次のパット・スピンドル（図4）の事例では、旋盤工は試作品の測定を通して機械のコンディションを検査している。図4に見るように、この部品を加工するには少なくとも7箇所を切削する必要がある。しかし、この加工に割り当てられた機械にはバイトを5本以上装着させることはできない。そこで、旋盤工は特別のバイトを1本加えて、そのバイトに3箇所の溝を削らせることにした。彼が選んだのは最も小さな溝よりも先端のさらに細いバイトだった。彼はバイトの動きを計算し、コンピュータに数値を入力し、試作品を作った。それをマイクロスコープで測り、Y軸上の長さの数値を示すプロジェクターで補正の数値を計算し、その数値を入力して彼は再び試作品を作った。この補正プロセスを5回繰り返し、彼はやっと3箇所の溝のバランスをとることに成功した。彼はこの出来事について後で次のように説明している：この加工に割り当てられたCNC自動旋盤機はなかなか期待通りに動いてくれなかった。だから、3つの溝のバランスをとるのに時間がかかってしまった。バイトと機械の中心部分との間に何か抵抗が生まれていたのではないだろうか。

以上の事例に見られるように、旋盤工は試作品の測定を通して刃物の装着具合、プログラム内容、そして、機械の状態を測っている。言い換えれば、試作品を測定することによって、刃物の動き、レイアウトとプログラミングの内容、そして、機械のコンディションが可視的にされるということである。試作品、メカニカルセッティングの全体、プログラム、測定道具はリフレクシヴに互いが互いを測定している。このようにして、試作品がマイクロスコープで測定されるとき、その値は同時にメカニカルセッティングのあり方を測っている。プログラム上の数値は刃物の動きをカウントするものであるが、一方で、プログラムの数値の妥当性は加工されたピースとの関係のもとに測定される。つまり、プログラムの適切さは加工されたピースによって測られているのである。さらに、特定の測定道具によって測られた特定の数値は補正のプロセスの進行状況をマークしている（Ueno, 1997）。リンチ（Lynch, 1991）が言うように、ここに、私たちは“メンバー（実践への参加者）”が実践の適切さと正確さ、および、測定道具と現象との間の適切な関係について、ローカルな判断を積み重ねることを通して測定活動を遂行している、その実態を

知ることができるのである。リンチの指摘の通り、旋盤工による一連の補正行為には測定に関する古典的な見解とはかけ離れた現実を見ることができる。

“トラブル”を特定する

S工場ではCNC自動旋盤機を夕方5時から翌朝の8時まで完全自動運転（無人化）している。旋盤工は毎朝出勤するとすぐに夜間に加工された部品のチェックを行う。このとき不良品が発見されることもある（長さや直径、バランスが不正常的なもの、切り落としが荒いもの、角に丸みのあるもの、センターにヘソ状のものができているものなど）。機械から異音の聞かれることもある。不良品の存在とトラブルは、機械の状態、および、段取りとプログラム内容に何か問題があることを明らかに示している。不良品における測定値の分布は旋盤工にトラブルの原因を追求する上でのヒントを与える。測定値は刃物の装着状態、原材料の質の変化の可能性、そして、本生産（大量生産）にとってそのプログラムが適わしいか否かを調べるためのコンテキストを提供する。

たとえば、長さや直径の不正常的な不良品をみつけたとき、旋盤工はモーターのなかにゴミがないか、または、素材の質に不均衡がないかを検査する。切断面にバリを見つけたときには、刃物の摩耗や取り付け角度の不具合、ボルトの緩み、チャックのセンターとのずれを調べる。こうした目に見える問題を発見することができなかった場合には、旋盤工はプログラム内容が大量生産に適合しているか否かの観点からプログラムを再検討する。そして、仮にプログラムを変更してトラブルが消えれば、プログラムの内容に問題があったのだと判断するのである。段取り段階で試作品を加工するときには適切なプログラムとして機能したもののでも、大量生産や機械の連続走行には不適合であることが判明する場合もある。

旋盤工がどのようにトラブルを特定するのかについて他の事例を見てみよう。ある朝、定期的なチェックのとき、新人のMさんは加工済みの部品を目測して何となく違和感を持った。そこで、彼は加工された部品のいくつかを抜き取り、マイクロメーターを用いて丁寧にチェックポイントを測定してみた。案の定、部品の表面にかすかな異常が見つかった。熟練旋盤工がそれらを拡大鏡で調べてみると表面にヘソ状のものができていた。彼らは仕上げ用のバイトを検査した。すると、バイトの刃先が完全にすり切れていた。バイトの寿命は通常3日間である。しかし、このバイトはまだ1日半しか使われていない。なぜこんなにはやくこのバイトはすり切れてしまったのだろうか。彼らは改めて作業標準書を読み直した。すると、今回指定されている材料は以前の加工に使われたものとは異なっていることに気づいた。ここに来て、彼らは切削プログラムがこの材料には不適切だった可能性に思い当たったのである。プログラム内容と切削される材料との間のインタラクションがバイトの先端を短時間ですり切れさせてしまったのである。

測定値、或いは、不良品はトラブルの原因を探るためのコンテキストを構成する。そうしたコンテキストにもとづいた探索がトラブルを定式化する、或いは、測定値の意味を特定するための

コンテキストを形成する。かくして、加工品の測定とトラブルの特定は相互にコンテキストを構成し合い、互いの内容をよりエラボレイトするのである。

トラブルを協同で特定する

トラブルの発見と修復は多くの場合社会的に達成される。旋盤工はトラブルを自分自身だけではなく他のメンバーにも可視的にする。旋盤工たちは、不良品のサイズ、形、バランスにおける一連の逸脱を綿密に調べることを通して、トラブルの状態を明らかにしながら協同でその原因を特定し、修復する。

ある朝、旋盤工のSさんが加工品の定期チェックをしていたところ、一台のCNC自動旋盤機でバイトが加工材料に突き刺さったまま止まっているのを発見した。彼は材料を保持するチャックと材料を支え誘導するブッシュを機械から取り外して調べてみた。しかし、それらに問題はなさそうだった。彼はバイトの装着状態も調べたが、それらにも問題はなかった。こうして自分一人ではトラブルの原因をつきとめることができず、彼は工場長でもある熟練旋盤工に彼自身の対処の仕方と所見を報告し、助力を求めた。彼らは一緒にトラブルの原因究明を開始した。二つの可能性が考えられた。一つはコンピュータの母体にトラブルが発生した可能性である。これは彼ら自身では直すことができない。もう一つの可能性は、機械とコンピュータを結ぶオイルプレッシャーバルブに異変が起きたかもしれないことだった。彼らはオイルプレッシャーバルブの動きを同じタイプの他の機械と比べてみた。すると、故障している機械のバルブの動きに異常をみとることができた。そこで、問題のバルブを調節してみると機械が断続的に止まる症状は大きく改善された。こうして、彼らはトラブルの原因がオイルプレッシャーバルブの不具合にあることを協同で明らかにすることができたのである。

グッドウィン（Goodwin, 1996）は問題発生状況下での探索のコンテキストの相互構成について“prospective indexical”（予期される指標）という概念を用いて説明する。彼は飛行場のオペレーションルームにおいてモニター上の画像と人々のトークとの間で“問題（problem）”を探るためのコンテキストが相互に構成される様子を記述している。上に述べた旋盤工の事例では、シニア技術者への若い旋盤工による機械の現状とトラブル状況の説明がシニア技術者によるトラブル原因の探索を方向づけている。一方、シニア技術者のトラブル原因の探索行為は若い旋盤工による問題状況の吟味と説明の意味をより明確にしていく。このようにして、彼らの行為はトラブルの特定にとって互いに“予期される指標”になっていたといえることができるであろう。

4. 多層的視点を組織するアーティファクトとしての作業標準書

バウンダリーオブジェクト（境界物）としての作業標準書

製品の切削過程と加工の質はそのまま直に観察することのできるものではない。旋盤工は、

リンチ（1990）が示す科学実践の事例と同様に、様々なアーティファクトを用いて加工を観察可能にするための視覚のフィールドを構成することによって製品の切削過程とその質を可視的にする。ここで、科学者がいかにしてトカゲのテリトリーを観察可能にするのかを簡単に紹介しておこう：観察者（生物学者）は、あたかも座標系を作るかのように大地に規則的に杭を打つ。そして、観察対象のトカゲを識別するためにそれぞれの手足の指を異なる部位でカットする。このようにしてマーキングを施されたトカゲの各個体がある時間間隔で補足し、その補足場所を大地の杭と対応する方眼上にプロットするのである（Lynch, 1990）。前章で詳しく見たような製品の切削過程とその質を観察可能にすることは加工を担当する旋盤工自身のためばかりではなく、その実践に参加する他のメンバーのためにもなされる。それは、トカゲのテリトリーの観察可能性がその研究者自身のためだけではなく、科学実践に参加するコミュニティメンバーのため、ひいてはメンバー間のコミュニケーションの可能性のためであるのと全く同じである。

S工場における製品の切削過程とその質の観察可能性は多層的に構成されている。管理部門では生産と品質管理のための様々なドキュメントを新しい注文を受けたときやトラブルが起きたときに顧客に提示する。顧客にとって、製品の切削過程とその質はサンプル部品によってのみならず、こうしたドキュメントを通して観察可能になる。後で述べるように、検査部門もまた製品の切削過程とその質を観察可能にするために旋盤や管理部門とはまた異なる視点を生み出している。

各セクション（部門）におけるこのような多層的な視点の構成はドキュメントを含む様々なアーティファクトをアレンジすることによって達成される。それらはそのセクション独自のものもあれば、全セクションに共通するものもある。S工場において各セクションに共通するアーティファクトは「作業標準書」である（図6参照）。各セクションは同一の作業標準書をそれぞれの作業にふさわしくカスタマイズして使用する。作業標準書のセクションごとのヴァージョンはそれぞれに多層的な視点を組織するが、同時に、セクション間のコミュニケーションの道具としても使われる。その意味で、S工場で用いられる作業標準書はバウンダリーオブジェクトとみなしうるものである。

次の節では、バウンダリーオブジェクトとしての作業標準書がいかにして様々なセクション（分業）における多層的でローカルな視点を構成しているのか、また逆に、様々な分業において構成された多視点性がどのようにしてバウンダリーオブジェクトとしての作業標準書を作り上げているのかについて記述する。

各セクションにおける作業標準書のカスタマイズ

作業標準書には、製品の加工に関わる詳細と次のような情報が書き込まれている：使用機械のタイプ、以前のプログラムのファイル番号、材料の品質、製造個数、後工程等々（図6参照）。

作業標準書は管理者が顧客から正式のオーダーを受けたのちに管理部門で作成される。彼らは

作業標準書のフォーマットに顧客から送付された図面を貼り付け、注意書きを加え、項目欄の上に挙げた事柄を記入する。その作業標準書のコピーが旋盤部門と検査部門にそれぞれ配られる。配布されたコピーは各部門でファイルされる。作業標準書のオリジナルは管理部門に保存される。既に述べたように、S工場では、オーダーの約90%がこれまでに加工したものと同一のものであるか、非常によく似た形状のものである（もっとも、サイズや材質の変更はときどきあるが）。このような事情から、以前の作業標準書は加工の重要なリソースとして各部門で繰り返し使用される。

各部門は作業標準書のコピーに注意すべき事柄や必要事項を独自に書き加えることによってオーダーの個々のニーズに適合させている。例えば、新規にオーダーされた部品の加工を担当する旋盤工は、作業標準書に加工のレイアウトと注意すべき重要な箇所の寸法を書き加える。そして、全ての加工が終了した時点でその作業標準書は後日の使用に備えて、旋盤部門のファイルに残される。こうしたことから、旋盤部門に保存されている作業標準書には手書きのレイアウトが記載されている（図6）。他方、検査部門にファイルされている作業標準書にはレイアウトは記入されていない。代わりに、注意すべき測定箇所、後工程のチェックポイント、以前のトラブルに関する注意、製品の汚れを取るための指示などが記載されている。

異なるセクションによる異なる視点からの作業標準書の使用

作業標準書は各部門の作業者によってどのように使われているのだろうか。ここでは10年の経験をもつ旋盤工のKNさんが定期的に発注される部品を加工するケースをみてみよう。彼は作業標準書が手渡されると、はじめに、図面に記載された部品の寸法を他の記載事項と照らし合わせながらチェックする。たとえば、後工程の欄にメッキ加工という項目を見つけると、彼はメッキ分の厚さを配慮して、溝を基準値より1/100mm広く切削する必要があると考える。次に、彼は前の作業標準書に記載された手書きのレイアウト、注意書き、公差を参照しながら、加工の各ユニットにどの切削道具を使うべきかを考える。

この製品は定期的に発注される部品なので、基本的にはこれまでと同じプログラムが使われるのであるが、加工に割り当てられた機械の種類によってプログラムは多かれ少なかれ変更を余儀なくされる。どの機械でも独特の道具セットのパターン（癖）をもっているからである。たとえば、SNC型旋盤機の場合は切削道具を扇形にセットするが、RNC型旋盤機は直線形にセットするようになっている。旋盤工のKNさんは作業標準書を見て割り当てられた機械がSNC型であることを知ると、大量にくずの出る部分を切削するために使うバイトを最後尾のセットポジション（5番の位置）にセットした。そのくずが他のバイトに付着しないようにするためである。仮にRNC型機械が割り当てられた場合には、加工のサイクルタイムを最小にするために、1番目から5番目までの各バイトが次から次へと効率よく動くようにプログラムを作成するという。そして、実際にこのやり方でサイクルタイムを短くすることができたときには、そのことを作業標

準書に書き入れて、後々の参考に資するのだという。

検査部門の作業者は作業標準書をどのように使うのか。検査部門では顧客への納入の前に製品のサンプルチェックをする。そのときに作業標準書が参照される。7年の経験をもつOZさんのケースをみてみよう。まず、彼は作業標準書の図面で寸法の公差、および、穴やスリット加工の有無を調べる。その後で、後工程の有無と内容、以前のトラブルに関する注意、顧客からのクレームの記録をチェックする。サンプル検査の際には、OZさんは厳密な公差レベルが図面に明記されている箇所を選んで注意深く測定する。その箇所の中央値が2/100mm以上スライドしていることを発見したときには、今後も公差レベルから逸脱した不良品が出る可能性のあることを指摘して、旋盤工にセッティング状態を再検査するよう促す。後工程でメッキ加工のあることが記載されている場合には、メッキによって部品が厚くなるので、サンプルの外径を注意深く測定する。さらに、S工場では、時おり表面加工に関するクレームを受けていたので、OZさんはサンプル部品の表面を忘れずにチェックするようにしている。S工場では後加工を外部の工場に委託しているが、納品する全製品の品質についてはS工場が責任をもっている。

管理部門では、顧客へ製品の品質を表示し、トラブルをいかにしてチェックし、修復し、防いでいるのかを示すために作業標準書を用いる。

このようにして、一枚の作業標準書はそれぞれの仕事場において多様なやり方で使用される。旋盤工は作業標準書を主として金属材料を切削加工する活動のコンテキストで使用する。彼らは作業標準書に加工のレイアウトを書き入れる。彼らはプログラムの作成、メカニカルセッティング、刃物の動作を可視化するためのリソースとして手書きのレイアウトを参照しながら、機械の型や金属の質に応じて前のプログラムを作りかえる。一方、検査係は作業標準書を主に顧客に製品の品質を保証する証しとして用いる。彼らは作業標準書に記載された公差レベルや顧客からの以前のクレームについての記述を重要なチェックポイントにしてサンプル検査をする。最後に管理部門は作業標準書に金属部品の製造に係わる全体構造を表示することによって、作業標準書を工場の外からの注文と工場内の活動を結ぶ媒体として使用する。また、彼らは新規の発注を獲得し、顧客のクレームや要求に対応しようとするとき、顧客にこの工場の整備された品質管理システムを表示するための一つの道具として作業標準書を使う。

グッドウィン (Goodwin, 1995) は、水の物理的特性を測定するための探査用装置を設置する活動の研究において、同一対象が異なる状況的立場の人々によってどのように違った見方がなされるのかということについて次のように述べている：この活動に伴う事柄は単なる労働の分配（分業）ではなく知覚の分業である。そこには参加者による単一の見方ではなく、多重の見方が存在する。見られるべきことに関するこのような新しい観点は行き当たりばったりのもの、突飛で偶然のものではなく、進行中のその活動に固有の、共同体によるシステムチックな産物なのである (p.256) と。

金属部品の加工実践において、一つの作業標準書は各セクションでそれぞれに特有のヴァー

ジョンに再構成される。そして、切削過程と製品の品質のための多層的な視点が編成される。この多層的な視点は異なる分業間のバウンダリー（境界）を組織し、それらを観察可能かつ説明可能なものにする。

多層的な視点を構成するための媒体としての作業標準書

旋盤工は作業標準書を媒介にして自らの加工のやり方を他の旋盤工にも見えるようにする。作業標準書にその都度書き込まれたレイアウトやノートは、新たに同一部品の加工を担当する旋盤工に同僚技術者の加工のやり方を示すことに他ならない。さらに、トラブルが発生し顧客からクレームを受けたとき、作業標準書は現役の旋盤工とシニア旋盤工、或いは、新人とベテランを結びつける媒介物として機能する。

一つの事例を見てみよう。ある日、旋盤工のKNさんは作業標準書を見て、135mmの長さの製品を作るのに7番のCNC自動旋盤機を使うよう指示されていることを知って困惑した。7番のCNC自動旋盤機はストロークが130mmまでなので、通常、長さが130mm以下の製品を加工するために用いられる。彼は、工場長でシニア旋盤工のAKさんに、機種を変えずにこの事態を解決するためにはどのような手段があるのかアドバイスを求めた。彼らは作業標準書の図面と手書きのレイアウトを見ながらしばらく議論した。やがて一つのアイデアが浮上した。それは、切削しない部分を飛ばす（先送りする）というアイデアであり、そのために一つのプログラム上に2カ所の始点を設けるというものだった。かくして、彼らが最終的に作りあげたプログラムは、仮に他の機種を使うのであれば思いつかなかったかもしれない極めて特殊なものになったのである。

検査者は作業標準書を媒介にしてサンプルチェックの結果と顧客からの要求を旋盤部門や下請けにフィードバックする。検査者は旋盤工に加工のやり方を変更するよう要求することもある。検査者の活動は、基本的に、製品の品質を保証するプロセスを顧客に対して明らかにするために構成されている。

作業標準書はトラブルの原因とその修復のあり方を異なる部門間で共有するためのアーティファクトとしても用いられる。S工場では年に10回程度不良品に関する苦情を受け取るという。顧客は工場側が早急にトラブルの原因を突き止め修復の最善策を見出すよう要求する文書を付けて不良品のサンプルを送り返してくる。管理部門はこのようなクレームに誠実に応える責務を負っている。

管理部門は、ある日、電子部品の組立工場からクレームを受け取った。組立工場の作業者が規格より長さの短い不良品を見つけたのだ。工場長はその不良品を製造した機械の操業をすぐに停止させ、トラブルの原因を皆で探るために旋盤工を呼び集めた。彼らは二つの可能な原因を推測した。一つは機械の中心軸の戻しバネの調節が不適切だったかもしれないこと、他の一つは機械へのブッシュの取り付け方があまりにきつ過ぎたのかもしれないことであった。そして、納品前に彼ら自身で不良品を発見することができなかったのは、不良品が変則的に産出されていたた

めではないかと推測した。そこで、彼らは戻りバネとブッシュを再調整し、操業を再開した。2日間、彼らはこの機械による全ての加工品をチェックしたが、不良品は見つからなかった。そこで、トラブルの原因が最終的に機械の戻りバネとブッシュの不完全な調整にあったと彼らは結論した。工場長は作業標準書にこれらトラブル修復の経過報告を添付して顧客に送った。そして、工場長は旋盤部門と検査部門に対し、作業標準書に今回のトラブルを今後の注意事項として書き入れておくよう命じた。

このように、作業標準書は分業間の関係を組織するための道具として働いている。作業標準書は各分業内、および、分業間の関係をともに組織するためのバウンダリーオブジェクト（境界物）と見なすことができるだろう。

多様な視点、分業、そして、バウンダリーオブジェクトの相互的構成

金属部品の加工実践は社会的に構成された多様な視点に埋め込まれている。金属部品の加工は旋盤工の視点に埋め込まれているだけではなく、様々な分業による多層的視点の組織化のなかに埋め込まれている。こうした多層的な視点は作業標準書のようなアーティファクトと共に構成される。同時に、作業標準書は様々なセクションで多様に使われ、分業間をつなぐバウンダリーオブジェクトとなる。金属部品の加工実践において、切削プロセスと製品の品質を可視化する多層的ネットワークは作業標準書のようなアーティファクトと共に構成される。

作業標準書は、テラー主義的な作業標準のステップが記載されている「仕様書」ではなく、多様なコンテキストや多様な分業を相互に組織するためのアーティファクトと見る事が出来る。作業標準書は加工のプロセスと製品の品質を可視化することによって多様なコンテキストと様々な分業を組織する。同時に、作業標準書は多様なコンテキストと様々な分業を組織することを通してバウンダリーオブジェクトとして構成される。バウンダリーオブジェクトは予め与えられているものではない、つまり、バウンダリーオブジェクトは「アクターグループの真ん中にはじめから鎮座している」(Star, 1989, p.46) のではない。むしろ、バウンダリーオブジェクトは分業を組織するプロセスとともに構成される。

この論文の前の章では旋盤部門、検査部門、管理部門という分業形態を既定の実体のように記述した。しかし、実際には、バウンダリーオブジェクトがはじめから与えられているものではないのと同様に、各分業も前もって存在するものではない。各セクションはその名称やラベルを持っはいるが、それは単に分業を見分けるためのリソースにほかならない。各セクションのラベルそのものは分業の実際の組織化を保証するものではない。むしろ、作業標準書によって構成される多層的な視点が分業を組織する。言い方を換えれば、多層的視点を構成することでそれぞれの分業が可視化、構成されるのである。アクターネットワーク理論における「エージェンシー」のように、分業は人間、非人間物が共に参加する行為のネットワークを通じて関係的にのみ存在するのである (Suchman, 1998, p.9)。多様な視点と分業は互いが互いを構成する。バウン

ダリーオブジェクトは分業とそれらの協働を組織することを通して構成される。

多層的視点の再構成としての学習

過去15年間、この工場はコンピュータや作業標準書を含む様々なアーティファクトを導入しながら切削過程と製品の品質を可視化するネットワークの再編を進めてきた。この再編成の過程は学習のプロセスと呼ぶに相応しいものである。先に見たように、旋盤工や検査者は彼らの実践にとって役立つことは何でも作業標準書に書き加える。また、顧客から受け取る製品に関するクレームは今後注意すべき事項として作業標準書にその内容が必ず書き込まれる。このようにして、各セクションにファイルされている作業標準書は実践を通して日々刷新される。ファイルから引き出された過去の作業標準書は現在の実践を方向づける。同時に、それは現在の実践を通して新たにされる。ある意味で、過去の実践と現在の実践は作業標準書を媒介にして相互に相互を作り合い、かつ、相互に磨きをかけていると見る事が出来る。

この工場では、分業間の境界、或いは、現在と過去の実践の境界が、常に、交差し変動する。こうした状況のもと、個々の作業者と可視化のネットワークは相互に、そして、リフレキシヴに個々の学習の事実を作り合っている。学習は個人の内部に居座っているのではなく、人間アクターと非人間アクター（人工物）を共に含むハイブリッドな作業グループのなかに構築される。本研究に即して言えば、学習とは実践への参加者が様々なアーティファクトを構成しつつ互いの作業を可視的にするヴィジョン（視点）を作り上げていくことである。

また、学習との関連で言うと、コンピテンス（能力）とは個人の頭の中に位置づくものではない。「作業標準書」における標準化の意味がテラー主義のそれとは全く異なるものであるのと同様に、コンピテンスについての考え方もテラー主義的なものとは異なる。つまり、コンピテンスは個人の頭や腕の中ではなく、様々な分業を相互に可視化、構成するネットワークに宿るのである。

おわりに

CNC 自動旋盤による精密金属部品の製造は、旋盤工、検査者、管理者、そして、顧客による製品の設計、測定、切削、評価のためのヴィジョン（視点）の構成によって達成される。切削加工を担当する旋盤工のヴィジョンもまたメカニカルセッティングの全体、管理者、検査者、顧客のヴィジョンとの絶え間ないインタラクションによって社会・技術的に構成される。

旋盤工のヴィジョンは様々なアーティファクトの並置によって多様なコンテキストを組織化することに埋め込まれている。しかし、金属加工は旋盤工のヴィジョンのみに埋め込まれているのではなく、様々な分業による多層的なヴィジョンの編成に埋め込まれている。こうした多様なヴィジョンは作業標準書のようなアーティファクトの使用によって編成される。同時に、この多

様なヴィジョンが分業を可視化，構成するのである．作業標準書は分業と分業間の協働を組織するバウンダリーオブジェクトとして働く．作業標準書は様々なセクションで共通に使用され，多様なヴィジョンと多様な分業のダイナミックな編成のもとでバウンダリーオブジェクトとして分業同士を結びつける．

要約すると，金属加工の実践において，部分的に重なり合い，相互に結びつけられた切削過程と品質管理のための多層的で観察可能なネットワークは，作業標準書のようなアーティファクトと共に構成される．同時に，作業標準書は様々な分業や仕事のコンテキストを可視化，構成する．このような実践のネットワークの構築のもと，作業標準書は工場の内外で他の仕事場とのインタラクションを組織するための道具として使用されるのである．

参考文献

- Goodwin, C. (1995). Seeing in depth. *Social Studies of Science*, 25, 237-274.
- Goodwin, C. (1996). Transparent vision. In E. Ochs, E. A. Schegloff, & S. Thompson (Eds.), *Interaction and grammar* (pp.370-404). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kawatoko, Y. (2000). Organizing Multiple Vision. *MIND, CULTURE, AND ACTIVITY*, 7 (1 & 2), 37-58.
- Lynch, M. (1990). The externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life science. In M. Lynch & S. Woolgar (Eds.), *Representation in scientific practice* (pp.153-186). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lynch, M. (1991). Method: Measurement-ordinary and scientific measurement as ethnomethodological phenomena. In G. Button (Ed.), *Ethnomethodology and the human science* (pp.77-108). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Orr, J.E. (1990). *Talking about machines: An ethnography of a modern job*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Star, S. L. (1998). The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In M. Huhns & I. Gasser (Eds.), *Distributed artificial intelligence 2* (pp.37-54). Menlo Park, CA: Morgan Kauffmann.
- Suchman, L. (1998). Human/machine reconsidered. *Cognitive Studies*, 5, 5-13.
- Ueno, N. (1997, April). Cutting metal as situated practice. Paper presented at the meeting of Society for Social Studies of Science, Tucson, AZ.