

# 船殻工作一現図，誤差，精度のことなど

藤野 宏

私が1959年に造船所の見習係員として船殻現図場に配属されてからのこと、コンピュータの使い始めと現図、ブロック取り合いの精度向上対策と現場の人々の活動意欲などについて記してみたい。

## 1. 曲がり外板ブロックシームからギャップがなくなるまで

### 1. 1. 優秀な人たち—現図の職人

当時は加工にアナログの拡大自動ガス切断機が導入された頃で現図場の一部には1/10縮尺現図も始まっていたが、展開などの主たる現図作業は現図床の実寸ラインズ上で図学的に処理されていた。現図場の職人は曲がりの立体構造物を2次元の設計図から起こす、すなわち2次元の設計図と3次元の立体の間を頭の中で自由に往き来できる能力を持ち、常に実体形状を意識しながら型、定規の類を作る力を持っていた。

山登りをする人は数多く山へ行く経験を積むことにより、平面的な地図を見ても山の高さや谷の深さを感知できるようになるとのことである。現図の新人も同じで、経験を積んで頭の中で2次元と3次元を自由に変換する技能を身につけてもらわなければならないが、比較的容易にこのことが理解でき身に付けることができる人とそうでない人がいる。当時はこの立体を感知する能力は学業成績に比例するものとみなされていたため、採用した中から学業成績の順番で現図場への配属者を決めていた。現図場の諸君が誇り高く、難しい仕事に意欲を燃やす由縁である。

私、新米係員は、現図のベテランが図学手法を駆使した作業を現図床の実寸で説明してくれてもその大きさに圧倒され、それをなんとか理解するのが精一杯であり「技術員見習」という職名をそのまま実感として受け取る日々であった。この中で自分の役割を見出そうとあがいていたが、工作現場に配属された係員はみんな、自身の存在価値を見出すために自分たちの勉強してきた土俵にどのように現場での問題点を引き込んで解決策を見つけ出そうかと苦心していたと思う。

### 1. 2. コンピュータと現図

現図場にとっての「曲がり外板の展開法」もそのひとつで、曲がり外板の展開精度が加工、組立の諸工程で十分ではないとみなされていた当時、より精度の高い展開法を求めて、各種の展開法が研究、発表された。私も三菱横浜の三田村さんが発表された測地線展開法を理解しようとして、微分幾何学に取り組んでみたりしたが、空間理解能力が劣っていたせいであろうか十分に理解できたとはいえない状況であった。

外板展開以外に自分の現図場における立脚点を据えようと思案していた時、幸いなことに、コンピュータが使える時代になった。当時のコンピュータは大型コンピュータといえども、今のパソコンに比べるとまことにかわいい機能ではあったが、単純な計算の繰り返しは人間がやるのと比べて格段に有利、座標変換の繰り返し計算などはもってこいである。そしてプログラム言語もFORTRANが使えるようになった。今ではコンピュータを使う人がプログラムするのは何の不思議もないが、当時オープンプログラマー養成と称して一般の技術者がプログラム言語の講習会を受講でき、専任のプログラマーを介さないでも自由に式を変えることが出来るというのは大変な喜びであり、これで何でも出来ると思ったものである。その後ワープロができてタイピストを介さないでも公式文書を作ることができるようになったときも同様に嬉しかったものである。

先日学会誌で「最近の学生は座標変換を行列を使ってコンピュータでやるから至極手際よくこなす。」という記事を見た。私が一大決心で最初にコンピュータを使ったのが座標変換であったことから考えると現在皆さんのコンピュータの利用技量は「すごい」の一言である。

### 1. 3. 外板治具とコンピュータ

船殻の組立場では曲がり外板ブロックを組む時は外板を下にしてその上に骨材を配置していく組立法が一般的である。「なにわの海の時空館」に展示された菱垣廻船の復元に関して野本謙作先生は

「洋船は骨に皮を張り付けてゆくが、和船の作り方は皮に骨を入れていく」と記されている。鉄構造の船の作り方は肋骨を建て揃えてから皮を張っているのに対し、溶接構造になってからは下向き溶接の方が能率は良いので皮を置き、それに骨を配置するようになっているのは伝統的な和船方式に還ったことで面白いと思った。この外板ブロックの組立には曲がり外板を受けるようにした治具表が必要になる。曲がり外板ブロックの治具表作成が座標変換を繰り返すコンピュータの使い始めに絶好の標的であった。治具表は曲がりブロックのラインズを1回または2回座標変換したものを治具基準面からの高さを計って表にしたものであるが、この作り方は図学的にはラインズを1回または2回切り直して、その治具高さを読み取ったり、定規に写したりするだけであり、作業としては難しいことは何もない。しかし、原寸現図でやっている時は広い作業場面積を占有し他の作業の邪魔になることおびただしく、また縮尺現図で行ったとしてもラインズ上での単純な作業の繰り返しで手間のかかるばかりで面白い作業ではなかった。組立現場では適正な治具表を欲しがっているのはわかっているが、現図場では罫書きへの型下ろしの日程に追われていると取り掛かりにくい作業であり、現図場から組立へ「簡単なブロックだから治具表なしで枕木でも入れて骨なりに組んだらどうか」などと乱暴な提案をするようなこともあった。「治具表を出してくれないのなら・・・」と、組立現場では初期の洋船組立法のように骨を立てた上に板を張り付けて「そのまま溶接しろ」と溶接職に言って、溶接する人を泣かせたりしていた。

優秀な技量の現図の諸君も「わずらわしいがこんな単純な作業をコンピュータが処理してくれれば・・・」ということで、この「治具表作成をコンピュータ化する」という私の提案に協力的だった。この仕事は新米現図係員にとって現図における自己の存在価値を認識できる場であると感じたものである。

治具表作成の計算自体は各格子点の単なる座標変換であり、微分幾何学など柔軟な頭脳を必要とするわけではない単純な計算である。今なら各種のツールを使うだけで所要の結果を得るであろうが、当時は式を作るところから始まり、出来た式の美しさに自己満足したりしてコンピュータのありがたさを感じていた。ラインズの数値化などは出来ていないからアナログのラインズから格子点を読み込むのだが、この座標読み取り作業を出来

るだけ少なくしようと、いろいろな補間式を考案してやってみた。しかし結局曲がりの度合いによる分類の方が厄介になり、途中を直線補間でも大きな誤差にならないくらいの多くの点数を入力することになった。われながら、知恵のない泥臭いプログラムだとは思ったが、その後、曲がり形状を細かく割り付けた点列で曲線群を表示するコンピュータの処理方式ータブシル (tabulated cylinder) の考え方を知って「デジタルコンピュータを利用するということは回数の繰り返しを厭わず単純な計算の繰り返しに置き換えることがコツらしい」と理解した。この組立治具作成プログラムは単純なだけに使い方も簡単で、現図の優秀な手を動員しなくても組立現場の要望通りの治具表を出図できた。格子点を細かく読み込まなければならなかったが、なかなか良い働きで現図場にも受け入れられて単独プログラムとしては比較的長い寿命があったと思う。

その後の外板関係のプログラムはラインズのフェアリング、外板展開と進み、コンピュータの容量と処理速度がとてつもなく大きく速くなって行ったため素晴らしく進展した。数値フェアリングが完成することによりデータを手入力する煩わしさがなくなったので大量のデータをハンドリングすることは苦にならず、単純な計算式を繰り返すことにより諸数値は十分な精度を得るようになった。外板展開も一枚ごとに展開するのではなく、ブロックのような大きさで一括座標変換をしてから、展開してその中から一枚の外板を切り出す方式など、従来の図学的手法とは異なる手順での展開がコンピュータの力により出来るようになり、人手が省けると同時に現図の精度もぐんとあがった。今、現図で外板関係に従事する人手は本当に少ないと思う。プログラムは自動的に外板の一品を生成していることだろう。そして切断加工どころか曲げ加工まで自動曲げ装置を通して一貫して処理が繋がろうとしているという。まったく驚くべきことだ。

#### 1. 4. 当時の外板加工法—ローカルな部分が野放し

適切な治具表ができたので組立治具上では曲がり外板相互がうまくつなぎ合わされることと期待されたが、治具の上に並べてみると案に違い隣同士のシームがピッタリとつかないで隙間が出来る。このままでは溶接をするために手直しが必要だ。

「現図の展開は非可展面の展開だからその展開には誤差が避けられない」との先入主が浸透してい

るので「これは現図の外板展開が悪いせいだ」と言われることになった。単品の曲げ加工では曲げ型を合わせて最終形状を確認しているのだから、仮に展開に誤差があったとしてもそれは曲げ加工の段階で修整されて、組立工程に誤差は来ていないはずであるが、近似展開であるという意識があるものだから展開の誤差のせいにしていた。各種の展開法をいろいろ試みて曲げ作業を楽にすることには役立ったが、組立でのシームの取り合い精度は一向によくない。これは後になってわかったことだが、曲げ工程でのチェックでフレームラインでの格子点を押えてもその間のシーム線のカーブが適切でなければ、シームが取り合うはずはなかった。

当時の加工方法の実際を見てみると、現図では展開した形状を定規にうつしとり、罫書き場ではこの定規を元にして、鋼板の上にその形状を復元マーキングする。本来現図で展開した通りに展開形状を罫書きするべきだから、その通りにやればよいのだが、直線ではなくカーブを持っているものは指定点以外の処では人それぞれの自由な曲線を作ることが出来る。展開されたシームラインは罫書きのときには緩いカーブの曲線になる。この曲線を復元するには約 1m 毎のフレーム線のアタリ位置でおさえた木製のバツェンでむすんでシーム線とすることになっているのである。ところが直線に近いカーブだけに、ベテランと自負する外板の罫書き工は手間を省くために墨糸にねじりを与えて糸を投げ、そのねじり具合、糸の張り具合を手加減して出来るだけ多くのアタリをつけた点を通るようにして切断線を決めていた。これを彼らは「ナゲズミ」と称して、いかに展開した点に近い線を数少ない回数で打つかを自慢にしていた。

当時、コスト削減のために罫書きのボーシンから先手を取り上げてしまったから、先手でなくウエイトを使用する面倒さに替わるものとしてナゲズミを考案したのではないと思う。

### 1. 5. NC は緩曲線切断から

ガス切断もそれに近い。罫書きされた切断線をいかに滑らかに切断するかということに誇りをかけていた。何の事はない、みんなそれぞれが自分が良いと思う曲線にフェアリングをしていたことになる。このような状況では電話の伝達ゲームにあるように最後の人が聞いた伝言は、はじめに伝えようと意図した内容と随分異なることも起こりうるように、現図の展開形状は切断が終わると意図

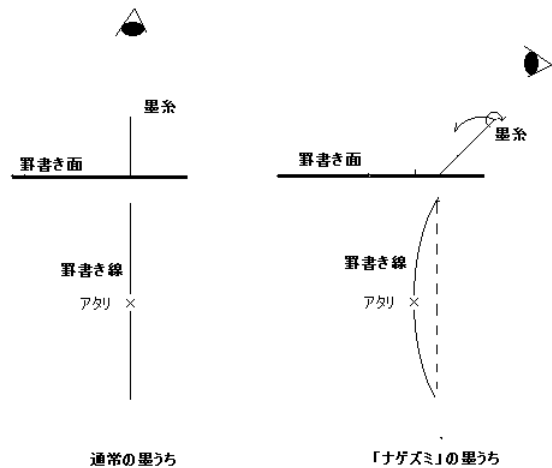


図 1：ナゲズミの説明図

通常墨打ちは狙った罫書き面に対し直角に墨糸を引き上げ、アタリに真っ直ぐ狙って糸を放し直線を打つ。それに対しここでいう「ナゲズミ」は墨糸を斜めに引き上げ、糸を人差し指と親指の腹でコロバせて撚りを与え、その戻ろうとする反発力と斜め前方へ狙って糸を放すことによりアタリを通るように曲線を打つ。

した形状とはいささか異なっていることが想像できる。線状加熱後の曲げ工程での形状チェックを経ても、フレーム線との格子点以外のローカルな部分で本来のカーブでないシームはブロック組立治具の上でギャップが生じるのはあたりまえである。

その後、NC の緩曲線切断機を導入して罫書き、ガス切断の人手を排除し現図の意図どおりの加工形状が期待できるようになった時に「シームのギャップは現図の展開精度のせいではない。外板シームのローカルな形状不良である」ことがはっきりわかった。展開法を変えないでむしろ非常に単純な基線展開法でも現図が決めたとおりの切断形状で組立定盤の上でのシームの取り合いギャップが目に見えて減少したのである。

私が所属した工場では最初の NC ガス切断機の導入に際して内構用の型切り機にしないで、曲がり外板用の緩曲線機にした。当時各所が導入を始めていた NC 機は最初にフロー一等を切る型切り機を導入するのを常としていたが、当所では緩曲線機を入れることにより、現図の外板関係作業を一括コンピュータで処理し一気に NC 機のデータまで作ろうという思惑と共に、曲がり外板加工での個々の人手任せのやりかたを排し外板シームの取り合いを改善しようという目的があった。ギャップ問題は解決したが、その根本原因である罫書き工の曲線の描き方を野放しにしておいて「罫書

きが悪い、ガス屋が悪い」といっていたのはまことに申しわけなかったと今は思っている。本来、手作業の不具合点をはっきり指摘し、真正面からそれを正すのが人の道であり、営々とやってきた作業員の技能が仮に不具合なやり方であるとしても、なぜ具合が悪いのかを正面から指摘しないで装置を導入することによりそれを葬り去るということは、葬り去られる側から見ると、「アンフェア」と思っただろうと今は感じる。

当時は「機械化することは常に人手作業に勝る」という機械化上位の不遜な態度で、どのような経緯でその作業が成り立ってきたのかなどを追求しないで、出来るものからどんどん機械化を進めて疑問を抱かなかったが、昨今、いろいろの巨大システムがちょっとした事から綻びを生じ、社会に対して大きな問題を提起しているケースを見るとその萌芽は身近な私自身の態度にもあったと感じる。「ちょっとしたことに、人の眼が気づいてさえいれば・・・」といわれることもマスコミで往々にして話題になるが「機械化は善である」という信奉からは人の眼につきにくいというのが実態ではなかろうか。「機械化装置化は必ずしも善ではない」と最近の倫理はそういう。人手を排すための機械化装置化の中では、どうしても人の知恵が果たしていた役割を見落し勝ちである。長年にわたって職人が獲得し脈々と伝えてきた技能とやり方を「なぜ具合が悪いか」と論議する中から得るものもあったかもしれないのに、何ら意見聴取もされずに手マーキンの技法を否定された「外板マーキンの名人」の無念さは如何ばかりであったろうか。

### 1. 6. 「投げ墨」はモジュール

外板の罫書におけるやり方ではシーム精度が向上しないという意識が先にたっていたため、「ナゲズミ」という言葉から受ける私自身の印象は「イイカゲンなもの」という感じであった。最近、日本の建築大工の規矩(きく)術には「投げ墨」という用語があり、それは垂木の隅木の下端に棟勾配に応じて正確な寸法を墨付けする手法と知った。図形的処理の極致といわれるカネ尺を使用しての集大成された日本の先人の技法用語と知らずして現図に携わっていた不明を恥ずかしく思っている。

大工の規矩術手法の中には個々の技法のかたまりが手法としてまとめられていてそれに名まえが与えられているということは、素晴らしいことだと思う。それを適用する場所が決まればそれに決められた手法通りに行うと墨付けができる一すな

わちこれは最近のコンピュータ用語のオブジェクトそのものではないか。別の意味ではモジュールと言っても良いかもしれない。それをどのように組み合わせるかにより作業計画と見通しが出来るのだろう。

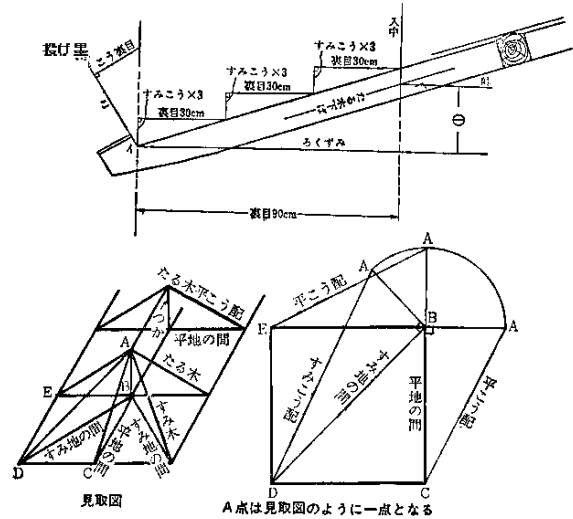


図2：規矩術における「投げ墨」

「投げ墨は、かやおい前面またはたる木の木口のこう配をすみ木側面に写したこう配である。棒ずみ場合は、かやおいまたはたる木の木口は平こう配に直角であるが、反り軒では平こう配に直角ではなく、他のこう配になっているので、変化したこう配が対照となることは当然である。」(1級技能士コース「建築大工科」教科書および指導書から)

## 2. 誤作対策としてのモジュールとモデル

### 2. 1. 現図と誤作

菱垣廻船の復元に際して船大工の手法を調査研究し、実際にそれにより浪華丸は建造されたと思った。きっとその中に多くの先人の知恵があったのだろうと思う。現図の係員としては当時、精度よりも現場で発見される誤作の多さに悩まされた。誰も誤作を出そうとして作業しているものはないが誤作は発生する。もし、当時この作業手法のモジュールのようなことに興味を持って勉強していたら、あるいは型製作手順の間違いによる誤作対策に有用な仕組みを着想していたかもしれないと思ったりしている。

誤作が出るとその被害の影響の大きさに関係者は半身低頭する羽目となる。船殻工事の誤作の件数は現図場と罫書きで半分を占めるといわれていた。如何にそれに対処するかは船殻の関係者のいつも頭を悩ますところであった。とにかくすべて

の形状を作り出し、それに関する情報を型の上に付加するのだから誤作を出す可能性はとても高い。こんなに多くの情報を生成しているのだから、「多くあるうちには間違いも出る」などと自分を慰める気持ちになってはどのようにも誤作の対策にはならない。

## 2. 2. 確立された手順としてのモジュール

街中で建てまえる中の木造住宅を見てよくあの寸法とホゾがピッタリ行くものだと感心していた。その後建築家の友から大工も間違えることがあるとは聞いたが、今は伝統の墨付けの方法に長年の誤作を防ぐ手順が組み込まれているのに違いないと思っている。寺社建築で六角堂や八角堂はあるものの、通常は直角に軒先線が構成され、隅木は屋根の軒先線に45度で交わることが基準となっている。それをもとにして各種の部材取り合いの切り込み形状の墨付けがカネ尺で標準化され洗練された手法として確立されているようだ。すなわち、全体の構成とは別に個々の取り合い形状の部分において、いくつかの部材の取り合い形状それぞれに名まえが与えられ、用語として呼ばれる中にその墨付け方法が手順化されて含まれているということだと思う。その手順に従えば、間違える心配はないということだろう。

先日、奈良薬師寺金堂の修復工事に携わった西岡常一師門下の対談をTVで観たが、「1000年の樹齢のヒノキに墨付けする時は震えて先に手が進まなかった、しかしその時に師から一声いただき心が楽になってその後、すいすい墨付け作業ができた」という。これは正しいやり方は十分に知っており、手順も正しいと確信してはいるものの1000年の樹齢に対する畏れを感じるということであって、われわれが誤作を怖れて手が進まないというレベルとは大違いである。大筋がしっかりしていると個々の手順については、西岡師も弟子も誤作の心配などまったくしていないという磨き上げられた技法が身につけているのを感じさせられた。

最近、話題になっている「ISOの認定理念はプロセス重視で結果のチェックではない」ということとの共通性があるようにも感じられる。当初、ISOはとにかく欧米流のドキュメント重視で日本には馴染まないとの声もあったが、その趣旨は考えて見れば日本の手順とも大工の伝統的手法とも共通するのではなからうか。個々の取り合い形状をモジュールとしてまとめておけば、それをどのように配置するかということで作業が組み立てられる。すなわち、作業全体を見渡すグローバルな骨

組みの中でそれぞれの作業モジュールをローカルなものとして配置する。この手順どおりやれば本質的な誤作はないという仕組みが造船の型作りにもあれば、もっと楽に誤作に対処できたかもしれないと思うがどうだろうか。

設計には自由な発想を許しながらも、手順としては十分に磨き上げられたモジュールが用意されていたら頭をもっと生産的なものに使えたかもしれない。むかし、配管設計は90度と45度以外の曲げ角度で設計をやってはならないと先輩から聞いたときに「パイプベンダー作業の容易さのためだ」ということのみ意識が行っていたが、実はもっと大きい意味があったのかもしれないと今ごろ思っている。船殻の構造取り合いは曲面とある面との面構成なので取り合い形状を展開手順まで標準化することは容易ではないと思うものの、私自身そのようには十分意識して勉強してこなかったことを反省している。

## 2. 3. 誤作退治から造船CIMへ

現実的な誤作対策としては、当時は知恵がないものだからダブルチェックをしたり、まったく同じ作業を別の人にやらせてみたり、一人の作業員が一つのブロックを最後までやるのではなく、分担して相互チェックが効くようにしてみたりした。すなわち構造単位に内構材の形状を決めるグループと、罫書用の部材をブロック単位に拾い出すグループを別の構成にしてみたり、いろいろ工夫をしたが、所詮決定的な手段はなく、誤作発生の通報があるかもしれないと常に心配の種は尽きなかった。

外板関係はコンピュータ処理される部分が多くなって誤作は減ったが、内構関係は全て人手によるプラスチックフィルム製の型紙とスチールテープ定規での手マーキン、手切断である。もちろん誤作の可能性はあるのだが、幸いなことにその時に私の所属していた工場は第二次世界大戦中に大量に作られたアメリカのリバティ型貨物船の代替需要を狙って14,000DWトン型のフリーダム船と称する多目的貨物船の連続建造をやっていたことである。同じ型の船を作るのだから現図の誤作は何隻目かにはなくなるはずである。複雑な構造体は模型を作ったりして取り合いを確認することは常であったので、立体的なモデルがあつて、それから部材を切り出し、またそれをモデルの上に復元してみて元の形状に戻ることを確認することが出来れば、誤作はすぐになくなるのにと思っていたが、実体模型をつくることは通常、現実的ではない。「そのくらいのことが頭の中でわから

なくて現図が勤まるか」という雰囲気ではあった。同型船の建造ではゼイタクにも実際の船をモデル代わりに使ったようなものだ。

立体形状をコンピュータ内で作りモデルとすることができると思ったときは「これだ」と思った。私の造船 CIM への期待、プロダクトモデルへの憧れは、現図での誤作対策体験が根本にあったのだと思っている。CIM は Computer Integrated Manufacturing だといわれているが、私にとっては、自分が責められ続けた誤作の悪夢から逃れたいという「コンピュータ内のモデル期待」というシンプルスタートである。当初はコンピュータの中に出て来たのはワイヤフレームのモデルであり、この針金細工では誤作防止のための取り合い確認は難しいなあと思ったが、コンピュータの能力がどんどん進むにつれ、立派なモデルができるようになり、今発表されている各システムがプロダクトモデルを中心に据えて出来上がっているのを見たり聴いたりするにつけ、私が心配して悩まされたような低次元の誤作の心配がないらしいことを知って、本当に感心するのである。それ以上に現図場にはもう昔のような大勢の人数はいない、居ても作業の内容は帳票の整理などが主体だと聞いてまったく驚く。

### 3. ブロック接ぎ手の取り合い不具合が軽減するまで

#### 3. 1. 「搭載即位置決め」のために

誤作の心配がなくなると精度のことに気を使うことができるようになる。精度を何とかしなければならぬ、何とかしたいと切に想ったのは船台工程の担当者としての経験からだ。今のように、搭載されたブロックがどんどん手際よく位置決めされていくのではなく、当時「ブロックは正規の位置近くおかれ、シップライターが納めるべき位置を決めてそれに合うようにブロックの切り墨を罫書き、その切断線に沿ってウデ自慢のガス切断屋が余分の端を切り落とす。それからブロックを引き寄せて位置決め完了」となる。鋸接ぎ手の上板側の鋸孔は正規の寸法で開けてあるが、下板側は1分または2分落として下孔が開けてある。板同志が正規の位置に来てから、当てモミで現物合わせとして孔を整えるのである。これと同じように現場合合わせでブロックの端部を切り取ることは溶接作業などで熱変形を経るブロックでは当然のこととされていた。ところが、限られた数の船台で多くの船の注文をこなすことになると、船台期

間を詰めて建造隻数を増やしていく以外の方法はない。搭載してから位置決めまでに、1人2人の罫書き、ガス切断工が1日、2日とかかっている期間がまことにもったいなくなってきた。この頃のスローガンは「搭載即位置決め」である。

とにかくブロックの立体形状で船首、船尾の鋳物を含むようなそのままでは不安定なもの以外はクレーンがどんどん船台へ置いて行ってしまふ。船台では位置決めもママならぬうちに次のブロックが運び込まれる。精度が不安だといって周辺を伸ばしたままでも搭載し、当たり墨をつけて仕上げ切断をしてから引き寄せるというような悠長なことをしていると、だんだん離れた位置にブロックが置かれることになり引き寄せるのは大苦勞になる。そこで自信はないながら見当をつけた伸ばし量でブロックを仕上げ、それで収まるようにと祈りながら搭載する。当時、皮板の切断率で30%、当て金率で10%以下になる見通しならば、四方仕上げる方針でやっていた。皮板を大事にするから所詮内構の接ぎ手にしわ寄せがくる。これを最初のうちは内構材の片方の接ぎ手に伸ばしをたっぷりつけて船台で余分な部分を切り離そうとしていたが、余分な長さがいたずらに搭載のときにあちこちにぶち当たりうまく所定の位置に搭載できなかったり、位置まで持って行けても、余分につけた伸ばしのフェースプレートなど当たって曲がってしまうなど不都合が多かった。その手直しは部分的に切り取って切り替えなどは日常のことだった。その切り替え材の運び出し、運び込みが大変な作業で、はじめからその部分をショートピースとして取り外しておこうという手段に出たが、この部材の取り扱いも「どこへ貼り付けるか」など、頭を悩ますことだった。

#### 3. 2. 取り合いは相手側とのかみ合わせ

当時、ブロックを望ましい位置に引き寄せてみて、その取り合いの精度が悪い場合はブロックの出来が悪いからだと考えていたが、これはブロックを作る時の考え方に問題があったと思う。

ブロックを引き寄せて所定の位置におく作業は大構作業であり、それから内構の取り合いに入る、内構の取り合いは溶接がやりやすい精度でなければならない。ブロックがいかに大きくても、その取り合い開先では1mm 近辺の精度で取り合わないとは溶接の品質、コストに大きな影響が出る。「造船のブロックは10m、20mもある大きさで、それに対して、1mm、2mmという精度で云々するのは酷だ、外気の温度差でもそのくらいの数値が出る。

「相対精度は十分に良い」という意見を聞くことがあるが、個々の取り合いを担当する溶接職にとってこの言葉は何の救いにもならない。なんとしても変形予測寸法の精度を上げて取り合いを楽にしたいものだというのが関係者の願望であった。先日の工作法シンポジウムで最近の各社の船台工程における皮板の切断率、当て金率の数値が紹介されたが、数値としては当時と比べてそれほど目覚しく良化したとはいえない値ではあるものの、近頃のようにスイスイと大きなブロックが搭載されて位置決めされていくのを見ると本当に大したものだと感慨深い。きっと内構材の取り合いが格段に良くなっているのだろう。

フリーダム船建造の精度向上策では、ブロック全体の伸び縮みや形状を考えるグローバル座標系での話と個々の取り合い形状の相対位置を考えるローカル座標系での話に分けて考えることが取り合い精度の向上をもたらしたと思っている。組み上げたブロックの精度は個々の構成部品の一品精度によるところが大である。個々の構成部品の精度を公差内に納めることは組立工業製品の鉄則である。しかし、当時の船殻部品は伸縮が避けられないフィルム、木などによる現図型を使って人手により罫書するために機械工業における部品と比べると船殻部品の寸法精度のばらつきは大きいものだった。組み立てるために必要な公差という数値ではなく、ここまでしか精度を上げられないという諦めの数字である。

### 3. 3. JSQS (日本船舶精度標準)

造船業界で1964年に作り出したJSQS(日本船舶精度標準)で決めた数値は最初はこれだけしか出来ないというのが主体であった。しかしそれでは技術屋としてはさびしい話なので、定期的にデータの集積を行うと共に、その精度で品質上に悪影響はないという裏づけを取る確認作業を順次行っていった。大学と共に造船所の共同研究として大掛かりな疲労実験までした作業も思い出深い。

しかしこれは商品としての船の品質はこの精度で支障ないという観点の確認で、造船業の組立工作を容易にするための精度公差という観点からは未だ遠いものであった。標準範囲と許容範囲の2つの数値が存在することがそれを示している。組立のための部品寸法公差であれば、許容範囲だけでいいはずである。当時、一般的なフロアーの切断後の寸法精度は $\sigma$ で1.0を若干超えた値だったと思う。このレベルの部材では小組立、中組立と部品なりに組み上げたものをそのまま大組立で組

み付けるとその誤差はブロックの周辺部に出てくる。この方式では周辺を伸ばしておき、船台で仕上げ墨を出す従来の方式にならざるを得ない。

今はレーザによるNC切断機で切り出した内構部材を使用しているとのこと、夢に見た積み木細工に近づいていることだろう。

### 3. 4. 組立後の精度確保は人の知恵で

当時の部材加工精度の実力では船台におけるブロックの取り合い精度で「搭載即位置決め」を実現するためには、個々の部材をそのまま組み上げるのではなく、それぞれの工程で修整しながらブロック接ぎ手の形状精度を必要な数値に近づけるように工夫努力するしかない。

修整は機械がやるのではなく、人が調整しながら組立作業をやるのだから関係者には必要な全ての情報を知らせることが必要である。かって「 $\times$ 部材が長すぎた」ということをちょっと漏らしたところ、次に出来たその部材はとてつもなく短いものが出来てしまった。それぞれの部署で工作に携わる作業員が私の漏らした話を伝え聞いて「良かれ」と思って、それぞれが墨差しの半分心持ち小さ目に作るといういくつかの工程を経るうちにこのような寸法になってしまう。

どの人も自分の関与した部材がどのように評価されているかは大関心事であり、「良いものを作りたい」とそれぞれが出来る範囲で少しでも良くしようと努力しているのは明らかである。このことから情報はキチンと統制されなければ、良いものを作ろうという善意がこと志とは異なる結果をもたらすことを肝に銘じた。機械化装置化で精度を確保するのではなく人手によって精度を修整し、確保しようというのだから、関係者にはこのための正確な情報と関連している部署がどのような動きをしようとしているかを良く知らしめ、良いものを作ろうという意欲を不断に活性化させながら、関係者の努力を結集することが大事である。

意欲を維持し活性化する方策として、当時、日本科学技術連盟のQCサークル運動を知り、これに参加した。当初小集団活動が職場内にまだそんなに広がりを持っていなかった頃で、運動の趣旨どおり、自主活動として手弁当・就業時間外で活動してもらうことになった。機関紙「現場とQC」も個人で購入してもらうなど、今から考えるとよく現場の人たちがそれに応じてくれたと思う。ありがたいことである。

ブロックの寸法精度を良くしようという関係者

の意欲は小集団活動で活性化することが出来たが、次にその意欲が報われるやり方を作り上げねばならない。そのため「どのように目標値と実績数値を関係者の目に触れるようにオープンにするか」ということに気を使った。ブロックの出来上がり寸法を押えるためには、関係者で精度に関する情報を共有化することがまず必要不可欠である。そのための仕組みが精度会議を中心に据えた精度管理体制であった。この精度会議で討議検討される数値は検討に耐えるものでなければならない。そしてその目標値はそれぞれの工程が努力するに妥当なものでなければならないし、計測した実績数値も隠し事のない公平なものであるという前提があつてのみ全員の努力のベクトルを合わせることが出来る。専任の精度担当グループは常にその点から外れないように誠心誠意業務に当たった。精度管理体制を支えたのが精度会議と小集団活動としての QC サークルだった。このフリーダム船という二層甲板貨物船は荷の積み付けを良くするため貨物倉はトランスシステムとロンジシステムの混合型で特殊な形状も多く、内構部材数が非常に多かった。特殊な構造ごとに中組立部品を先行して作り、それを大組立のブロックに組み付けるかたちをとったが、溶接量の分布がそれぞれ偏っており、収縮量のバラツキと振れが終始大きな問題であった。収縮量とそれに対する伸ばし量は何隻か繰り返すうちに適切な数値に収斂するが、振れだけは常時看視を怠れない。同様に船台取り合いになるブロック端部の形状、数値も常時看視を怠れない。

### 3. 5. ローカルな視点で取り合い改善

端部は隣のブロックの端部と取り合って船台溶接の開先を形成する。溶接の開先にはブロックが大きくなったからということでは許容値が広がることはない。それは常に 1mm, 2mm の単位である。端部の取り合い形状はブロック全体の大きさとは無関係で相手方との取り合い寸法として決まらなければならない、それが、端部のモジュールである。そのモジュールとしてのローカル座標系の原点になるのがブロック全体の座標系での位置である。この位置をブロックの皮板のところ差し越し線としてマーキングし、端部のローカル座標系の原点位置を明確にすることにした。端部形状の諸数値はブロック全体のグローバルな座標系の振れも含めて許容される範囲に入らなければならない。大工の技法における個々のモジュールはそうにして全体の大きさとは無関係に細部の取

り合いが決まっているのであろう。大きな柱のホゾの取り合いは、小さな柱のそれに比べてゆとりがあるわけではないだろう。

隻数を重ねて収斂する部分はグローバル体系に属するもので、専任の精度グループが計測したり、計画したりする。常時看視を怠ることが出来ないブロック端部の取り合い部分はそれをローカルな形状数値として捉えて「衆人の目に触れるようにわかりやすくする」というのがポイントである。このようにして、フリーダム船は「取り合い端部の形状数値は誰にでもわかりやすいラウンドナンバーとして、そこに端数が出る値はつけない、それをみんなで看視する」ことにした。

収縮量などの見積もりで端数が出るのはグローバル座標系としてのブロック内の延べ尺で対処する。振れも端部で常時見られるようにする。そこで考えたのは、常時衆人の目に触れるようにする最近はやりの「手作りベーカリー方式」である。

### 3. 6. 見られることは力付けられること

このごろは商品の品質を示しながら、職人に誇りをもたせるためにガラス張りの区画の中でパンをこねたり、そばを打ったりして街行く人の目に触れるようにする店が多い。運送会社では「私は制限速度を守ります」と運転者氏名とともに掲げて走るなど、消費者看視の下で職人の誇りを持たせる「手作りベーカリー方式」がよく見受けられる。ブロックの精度管理で衆人看視をやったのはこの種のハシリではなかったかと自負している。そしてそれをより明確にするために組立ポイント集とか精度手帳とかいう携帯用のポケットブックを発行し、これを組立に従事する人間だけでなく他の人にも配り、誰でも気が付いたら、指摘注意してよいことにした。精度手帳には数値として許容値のみを記して「この数値は、取り合いのための公差だ」という意味を明確にした。我々の造船所が狭い面積で、ブロックが通りがかり人すべての目に触れることも幸いした。取り合いの数値は端数のない明確な数字で誰でもすぐ計ることが出来るものとしたり、また振れは常時下げ振りをぶら下げて、作業中も通りがかりのものも誰もがいつでも視ることが出来るようにしたりである。

むかしから、品物が振れないように組立の現場でつかわれていた基準は水平面を出す水盛りと鉛直線を出す下げ振りである。40年前、大組立場にいたときに職長が時々「このウォールもう少し引け！」などと指示しているのを見て、不思議に思っていたら、当時船台周りに林立していたタワー



クレーンのワイヤーを下げ振りとして、鉛直であるべき部材の線を見通していたのだった。ブロックの振れを防止するには、水平の定盤面と鉛直面が基準として明示されていることが大事である。林立するクレーンのワイヤーの代わりに各ブロックの基準となるところにボルトやナットを錘につけただけの張り糸の下げ振りを常時、ぶら下げた。

どこを鉛直にしようということは精度会議で決められ、公になっている。これは安全5原則など、誰でも不安全行動を指摘できる仕組みに倣ったものである。「誰でも怪我をしてはならない」「誰でも注意することを奨励される。」に該当するのが、「誰でも精度を確保したものを作らなければならない、そして誰でもそうしようと望んでいる」という信念に基づくものである。

#### 4. 工作の場で私が得た教訓

##### 4. 1. グローバルの中でローカルに見る

物にはグローバルとローカルの両座標系がある。全体と部分という組み合わせの考え方もあるが、部品同士の取り合いを考える時には、ローカル座標系として物事を考えた方がうまく処理できたように思う。そのローカル座標系がグローバル座標系のどこに位置しているかを明確に意識しておけばローカル座標系の中に思考と対策を集中することができる。たとえば、曲がり外板のシーム取り合いがうまくいかないときには、そのシームの部分と相手方の取り合い形状だけに意識を集中して考えると、その「シームのラインがまずいのではないか」と気が付き、「外板展開全体の具合が悪いのだ」などと考えなくても済む。外板シームのギャップを退治するためにいろいろ展開方法を考えたのは、1枚の外板というグローバルな座標系で外板展開の仕方が悪いと思いついていたためであり、解決してみるとフレームラインの格子点から格子点の間の曲線が不適當であるというローカルな問題であった。日本建築での大工の投げ墨のような伝統的手法はモジュールとしてその部分をローカル座標系で処置手法が規定されているものである。それをグローバル座標系のどの位置に適用するかを決めればいつも局部の形状の墨付けには確実な処理ができる。このモジュールの処理をしている時はローカル座標系の中でのみ考えればよいから紛れは生じない。

ブロックの精度確保についても、全体の収縮量と対策はブロック全体のグローバル座標系での話である。ブロック端部の相手方との取り合い精度

はそのローカル座標系での問題だと考えるとブロックの大きさからくる変動要因はシャットアウトできる。溶接に必要な開先精度で相互の取り合いを確保するには端部の形状はどのようであればならないかということに意識を集中することが出来る。フリーダム船の連続建造ではその考え方で形状精度確保の分担がうまく行った。すなわちブロック全体の精度を確保するための仕事は専任の精度担当グループで、端部の形状確保はローカル座標系で作業している作業員自身が形状精度確保の役割を分担することができた。

##### 4. 2. 力を創り出す情報公開

精度管理は専任者グループのみの活動では十分に良くならない、是非全員の知恵と行動力を期待したいとして、全員参加の精度管理に取り組んだ。精度の情報を公開して全員の知恵と努力を期待するには、公平な扱いによるデータでなければならないし、討議に耐える真実のデータでなければならない。船殻の精度管理という狭い範囲ではあったが、情報の公開は限られた人だけの活動では得られない大きな力になるという確信を持った。

日本は今後 IT 革命を達成できなければ国際社会で生き延びることは出来ないといわれている。2000年は日本にとって IT 元年だそうだ。日本では所詮「沈黙は金」で、「なんでも表沙汰にするのは避けるべきだ」「外へ出す情報はよく吟味すべきだ」という傾向がある。情報の公開には日本人は本質的に消極的であるという。したがって IT は日本人には不向きであるという議論も聞かれる。外へ出す情報の選別が過ぎると、未だ何か隠されているのではないかの疑心暗鬼がはびこり、組織の本来の活性化が果たせない。これからの時代は IT を好むと好まざるにかかわらず、あちこちからあらゆる情報もたらされる社会が招来されるということらしい。願わくは 21 世紀に備えて、アカウントビリティ（説明責任）のある情報を発信し、社会の活性化に寄与し共に生きていきたいものである。

##### 4. 3. 精度管理は工場の柱だった

20 世紀は細分化と分析の世紀だったという。あらゆるものが細分化され、数多くの専門家が詳細に検討した結果多くのことが判明し発達したという。しかしその反動で、各分野間のつなぎの部分での不具合へ注目度が高まりつつ 21 世紀を迎えることになった。20 世紀は分割の時代、21 世紀は統合の時代という。

工場の運営については、種々の管理手法が提唱

された。いわく工程管理，工数管理，品質管理，精度管理，コスト管理，資材管理，安全管理・・・等々，冠のついた「管理」が無数にある。それを適用する対象は唯一つこの造船工作の現場である。初めて工場課を受け持つことになった時に数多くの管理の専門家から講義を受け，そのいろいろの手法の多さに圧倒された覚えがある。管理監督者がその手法を消化し切れなくてその役割に臨めば現場に良い影響があるはずはない。

案の定，私の場合は災害の続発であった。毎日のように休業災害が出る。その対策に追われてあれこれ手を打っていても，一向に災害の止まる傾向は見られない。覚悟を決めて，死亡事故に繋がりそうな災害だけは防止しようと，「危ないところに近寄らない一人払いの徹底」という一事に絞った。何事もそれに引っ掛けて工場の運営を進めていった時に，さしもの災害多発の現場も落ち着きを取り戻した。工作の現場において作業する本体は一つであるにもかかわらずいろいろに分割された管理を並列に適用しようとするのはいけない。

フリーダム船の連続建造の時は工場を上げて「精度第一」との方策が取れたため，あらゆる管理をそれに従属させて考えた。これで十分全体のバランスが取れた工場運営になったと思う。何を軸に進めるかをその組織の長が決めたら仮に牽強

付会といわれても，必要なこと全てをその軸に統合関連付けることは可能である。それにより集団のベクトルに大きな力が出ると思う。今は工場としては「ISO」だろうか。工場の運営に対しては，全てをそれに関連付ける体系と軸が一本通っていることが大事と思う。

### 参考文献

- 1) "一級技能士コース『建築大工科』教科書，指導書"，職業能力開発大学校研修研究センター

### 著者プロフィール

#### 藤野 宏

- 1959年 石川島重工，船殻現図係員として入社
- 1966年 台湾造船公司へ船殻担当として駐在
- 1970年 石川島播磨東京内業課長
- 1984年 石川島播磨東京第一工場生産管理部長
- 1985年 造工，造研の造船CIMプロジェクトに参加
- 1990年 石川島播磨船舶生産技術部長
- 1994年 退社



写真1：フリーダム船（IHI 提供）