



慶應義塾大学ビジネス・スクール

岐阜バルブ製作所(株)

1991年初秋、製造部組立課長の田中氏は、同社のストップバルブ組立作業の自動化についてアイデアを練っていた。部品の特性や構造を的確に把握すれば、安いコストで自動化できそうだという思いは強かったが、なかなか決め手となる案が浮かばなかった。

会社概要

岐阜バルブ製作所(株)は、岐阜市郊外に本社工場をもつ従業員 200名程の中堅の水回り製品メーカーであった。生産品種は、バルブ、シャワー器具、水栓金具、継手、工具などの水回り関係製品で、それらの部品加工および最終組立てを本社工場で行なっていた。鋳造や切削・研磨といった加工工程はすでに大部分が自動化されていたが、組立工程は、パート作業者を中心とした人手に頼っているというのが現状であった。製品は、一部の特注品を除いて、同社の大阪営業所と東京営業所がまとめた受注情報と過去の傾向に基づいて見込生産され、各地にある専門商社を経由して、あるいは直販の形で、最終ユーザー（建設会社や小売店）へ届けられていた。その中のバルブは、建物の室内配管や建設工事現場などで使用される水道管の流量コントロール用の製品で、その大きさ（主として高さ）、管の口径、ハンドル部の形状などにより、ストップ・バルブ、ゲート・バルブ（流量が多い配管向けで高さが70mm～330mmと大きい）、ボール・バルブ（ハンドル部分がレバーの形状になっている）、三方バルブ（流れの方向の分岐機能がついている）などに分かれていた。ストップバルブは、その口径により、大（25mm）、中（20mm）、小（15mm）の3種類が生産されていた。今回、自動化の対象として検討されているのは、その中で最も生産量の多い口径20mmの中型ストップ・バルブであった（図1参照）。中型バルブの組立自動化がうまく定着すれば、それを他の口径のストップ・バルブに応用することは技術的には難しくないと考えられた。

同社の組立工程では、主としてパートの女性作業員により生産が行なわれていた。パ

本教材は、クラス討議のための資料として、慶應義塾大学大学院経営管理研究科助教授河野宏和が作成したものである。文中の固有名詞と数値は変装されている。なお、図表作成について、成蹊大学工学部経営工学科の渡辺一衛、篠田心治両先生から多くの協力を得たことを記し、謝意を表したい。

(1992年11月)

パート作業者の勤務時間は、原則として朝10時から午後4時（昼食と休憩で合計約1時間の
余裕時間を含む）であったが、各人の事情に応じて日単位で調整されていた。賃金は、経
験や年齢によって違いがあったが、1時間当り600円から800円の間であった。パート作
業者は一般には増えていると言われているが、組立作業に従事する人材を得るのは容易で
はなく、また定着率も高くなかった。さらに、個人的な事情による欠勤、早退等も多く、
それらの理由で1日当たりの生産量が変動し、したがって日程計画には常に余裕を見込む
ことが必要であった。また、技術的に十分なレベルまで習熟するのに少なくとも半年は必
要であり、特に短期のパート作業者では、単純な作業ミスによる部品の損傷や製品不良が
少なからず発生していた。これらの事情が、今回の自動組立の検討を促す大きな要因であ
った。

ストップ・バルブ

今回自動化の対象となっている製品は、図1に示すストップ・バルブである。この製
品は、全部で10個の部品で構成されている。重さは製品1個当たり260gで、その内「弁
箱」と呼ばれる部品が半分以上の145gを占めている。組立てられた製品は1個ずつビニ
ール袋に入れられ、さらに5個ずつ小さな段ボール箱に入れられてフタをされて出荷され
ていた。生産は、現在、3名のパート作業者によって行なわれており、1個当たりの生産
時間は約65秒、従って1日約5時間の正味作業時間内に、平均して約800個の製品（良品）
が作られていた。各作業者は作業分担せず、1人が1個ずつを初めから終わりまで組み立
てていくという生産形態をとっていた。これに対して、受注量は月によってバラツキがあ
るものの、最近は増加傾向にあり、1日換算で800個を上回る月が多かった。注文が多く
ても、作業者がペースを上げて生産することにより対応可能であったが、どうしても生産
能力が不足する場合には、他の製品の組立作業者の応援を得て受注量をこなしていた。

この製品の機能は、図2に示すように、ハンドルの開閉によって水が流れる方向を一
方向に規制することであった。逆方向の流れをストップすることが、製品名称の由来であ
った。方向規制の役割を果たすのは、「コマ」、「コマパッキング」、「コマナット」と
いう3つの部品から成る「コマアッセイ」であった。バルブを閉めるためにハンドルを回
すと、栓棒が下がって弁箱内に入り込み、コマアッセイを弁箱に押えつけて水の流れを規
制した。ハンドルを逆に回すと栓棒が上に上がり、水が流れてくるとコマアッセイを押し
上げて通過することになった。一方、逆流は、コマアッセイを弁箱に押えつけるために止
められてしまう仕組みになっていた。（各自ハンドルの開閉を行ない、栓棒とコマアッセ
イの動きを確認してみること）。

作業方法と組立順序

作業方法については、作業標準書は整備されていないものの、組立順序は作業者の間で暗黙の内に継承されていた。それを図示したものが、図3のオペレーション・プロセス・チャートである。一般にこの図は、各部品が製品に向けて加工・組立されていく様子を、時系列の順番に、加工・組立作業を表わす○印と検査作業を表わす□印によって表わしたものである（各自この図を参考に組立作業を行ない、チャートを見なくても組立てられるように練習してみること）。

組立作業の順序には、もちろん別の案も考えられた。しかし、例えば、「ハンドル」と「栓棒」を組合せてしまうと「大ナット」が組付けられなくなる、といった先行順序の制約が存在している。それらの制約を示したものが、図4のプレシードンス・ダイアグラムである。（自分でいろいろな作業順序を試してみて、図4に示された先行順序関係の制約があることを確かめること）。

安い自動化

田中氏は、部下のスタッフ2名と共に、ストップ・バルブ組立作業の自動化について検討していた。彼は、図3に示された現状の作業方法の中には、例えば部品の取り置き、左右の手の間での持ちかえや持ち直し、組立順序といった点で改善の余地があると常々思っていた。例えば、コマ部分の3点の部品（コマ、コマパッキング、コマナット）の組立動作を左右の手について細かく分析した図5のサブリーグ分析表（両手の動作を17の要素に分けて分析する方法：付録A参照）を見ると、左手にUD（避けられない遅れ）やH（保持）といった付加価値を生まない動作ステップが多く、またPP（持ちかえ）やST（部品選び）など、部品箱での部品の置き方を変えることで容易に無くせそうな動作ステップも多く含まれていることが分かる。そうした細かい改善を積み重ねるだけでも、1個当たりの生産時間を10秒程度短縮、従って生産能力を20%程大きくすることは充分に可能だと思われた。また、その一方で、たかだか部品点数10点の製品であれば、外部のメーカーに自動化設備の開発を依頼しても、そう長い時間はかからないものと思われた。しかし、彼の頭の中には、安易に外部メーカーに頼むべきではない、という強い信念があった。部品点数が10点とは言っても、各部品にはそれぞれ特徴がある。例えば、「コマアッセイ」の部品や「小ナット」は、小さな部品であるが故に組み立て時に細かい位置決めが必要であった。一方、「弁箱」は重い上に丸みがあって不安定、という特徴もっていた。さらに、組付技術という点を見ても、「栓棒」、「栓棒ナット」、「小ナット」などのような「ねじしめ」で組付けられる部品、「銘板」や「ハンドル」のように「のせる」だけで良い部品、「大ナット」（内側にゴムパッキングが張ってある）のように「強い力で押す」

ことが必要な部品など、種々の違いがあった。加えて、部品の供給、完成品の排出といった機構まで含めて全てを外部メーカー任せにすれば、モーター、センサー等を組合せた複雑な自動機となり、メンテナンスがしにくいばかりでなく、コスト的にも2000万円を超える可能性を否定できなかった。

そこで田中氏は、自らが自動化案の構想を練り、できれば設備を自社で内製したいと考えていた。水栓金具やシャワー器具を作る際の加工技術を用いれば、センサー等のコントロール部分以外は十分に内製可能であった。こうした内製化はコストの点だけでなく、より部品点数が多い大型のゲート・バルブや水栓金具の組立自動化に取り組む際に貴重なノウハウになるはずであった。彼は当面、1つの完成した設備ではなくユニットごとに試作を行ない、部品供給は当初は人手や単純な機構に頼る計画であった。そして、信頼性や技術スペックを検討しながら徐々に試作設備を改良し、スペックが煮詰まってから外部の専門メーカーにコントロール・ユニットの設計と本設備の製作を依頼しようと考えていた。

現物主義と対象指向のアプローチ

こうした設備設計案を具体化するために、田中氏は、現在行なわれている作業方法にとらわれずに、部品の特性や組立技術を今一度しっかりと頭に入れることが大切だと考えていた。このように、実際の部品・製品に触れながら考える「現物重視」の考え方は、彼が学生時代に学んだIE（インダストリアル・エンジニアリング）で身につけたものであった。特に、作業を改善したり自動化のアイデアを考えると、サーブリグ分析などで現状の作業を分析してから種々の改善原則やチェックリストを適用しても、分析にかかる割には良い改善案が得られにくいことは、彼がつねづね感じている疑問であった。彼の頭の中には、作業を分析したり改善する際、作業に使われている手段よりも、部品や製品といった対象物を重視すべきだという考えがあった。そこで彼は、今一度製品に触れながら、じっくりとストップ・バルブを観察してみることにした。

一般に、1つの本体となる部分に対して、他の部品を上から組付ける作業は自動化しやすいと言われており、例えばVTRデッキなどではそうした考え方で製品を設計する場が多いとされている。そういう考え方を具体的に表わす道具として、完成品をできるだけ少ない移動距離で分解した様子を見取図に表わす「立体分解図」が知られている。実際に、ストップ・バルブについて立体分解図を描いてみると、図6に示すように、ほぼ直線状に部品が並ぶ構造になっていることがわかる。したがって、いずれかの部品を本体（中心になる部品）とみなして、それに他の部品を上から順に取りつけていく、という考え方を適用して組立作業を設計できることになる。その際、「弁箱」は重さから言えば本体とするのにふさわしい反面、安定性が悪いという難点を併せ持っていた。また、単純な一方からの組合せだけでなく、ねじしめなどの回転力が必要な部品もあった。したがって、

そうした個々の部品の特性を考えつつ、自動組立のアイデアを考えていくことが必要であった。

田中氏は、上記の立体分解図の考え方を、部品の置場（レイアウト）を決める際にも利用できると考えていた。一般には、部品箱を作業台の上に工夫なく並べていたり、裏表や方向がバラバラになったまま部品が入れている生産現場が多いことは、田中氏も数々の工場見学で十分に承知していることであった。しかし、そうしたバラバラの部品の方向をそろえ、長い距離を組立位置まで移動させることは、特に自動機を設計する際には、設備を大型化したり、コントロール系を複雑にする主要な原因であると彼は考えていた。したがって、製品になるべく近い状態で、裏表や方向を揃えて部品を配置しておき、それを順次組立てに必要な位置まで移動して組立てることにより製品を得ようというのが、彼の着眼点であった。その際、部品の移動距離が少ない方が良いことは言うまでもないので、図6の立体分解図を用いて、製品からなるべく近い所に向きをそろえて部品を置くという考え方により、部品置き場のアイデアを具体的に検討することが可能であった。

基本変換の考え方¹⁾

こうした立体分解図の他に、田中氏が今回の自動機設計に当たって重視しようとしているもう1つの考え方があった。それは、ストップ・バルブの10点の部品から1つの製品を得るために、最低限行なわなければならない変化（基本変換）をリストしてみるということであった。例えば、コマアッセイを例にとってみると、「コマ」と「コマパッキング」を一体化すること、「コマ」に「コマナット」をねじしめすることの2つの変換だけが、部品から製品に向けて一歩近づくという意味で付加価値を生み出しているステップであり、その他の部品の移動、向きがえ、持ちかえなどは、仮に作業者が効率の良い動作をしたとしても、付加価値を生んでいないという意味でムダな作業ステップと考えてよいことになる。こうした基本変換をリストして、さらにそれらを同時に行なったりうまい順序で行なえるように工夫することにより、付加価値を生まない時間が少ないという意味でスリムな作業が設計でき、作業時間が短くなったり自動化設備のメカニズムが単純になるといった利点が得られるものと田中氏は考えていた。そこで彼は、部下の2名と共に、ストップ・バルブ組立作業の基本変換をリストしてみようと考えた。

田中氏は、こうした自分の考えを整理するために、1個のストップ・バルブについて、図7に示すような作業の始めの状態（バラバラの部品が納入された状態）と作業の終わりの状態（完成品になった状態）を絵に描いてみた。そして、始めの状態を終わりの状態に変えるために必ず必要となる変化（基本変換）の内容を、文章と部品のスケッチを用いて

¹⁾ 中村善太郎「もの・こと分析」 日本能率協会マネジメントセンター（1992年） pp. 34-37, pp. 242-246 参照。

丁寧に書き出してみた。そして、それらの必要作業ステップを、組立技術（回す、のせる、押し込むなど）や部品の特徴（重さ、大きさ、取り扱いやすさなど）に照らして分類したりまとめたりすることで、本体とすべき部分の決め方や望ましい組立順序について良いアイデアが得られるのではないかと考えていた。

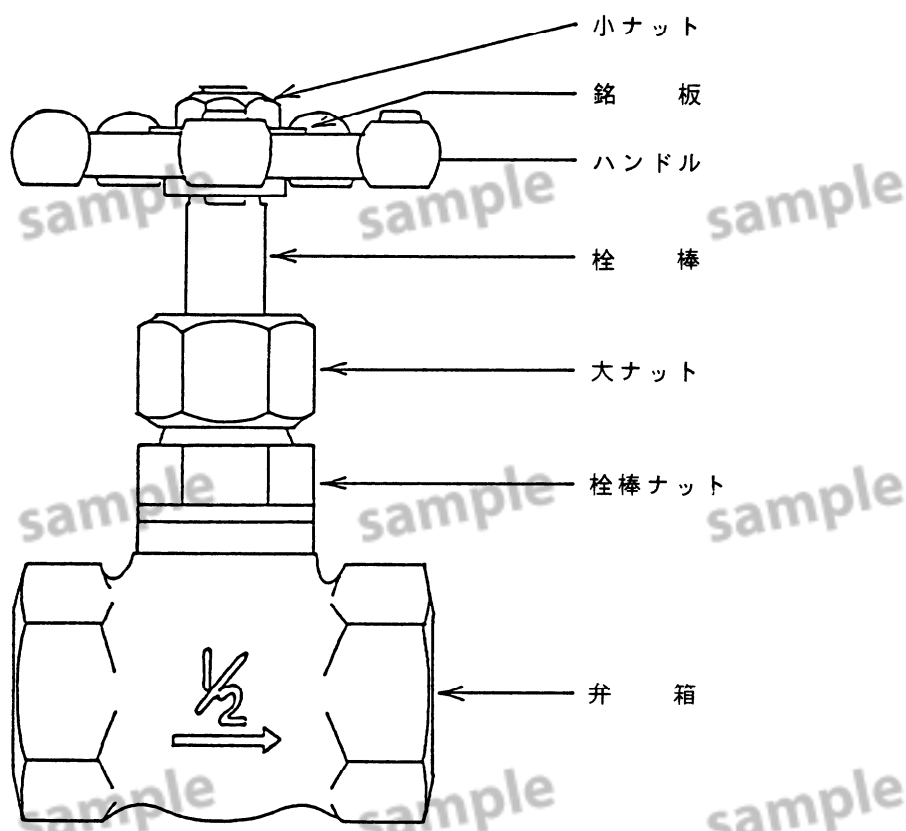


図1 ストップ・バルブの部品の名称

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

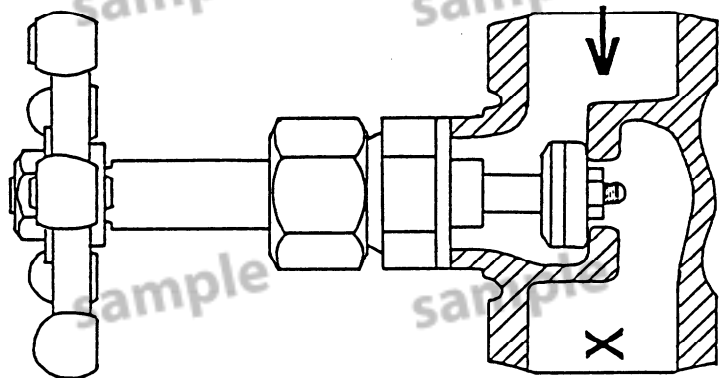
sample

sample

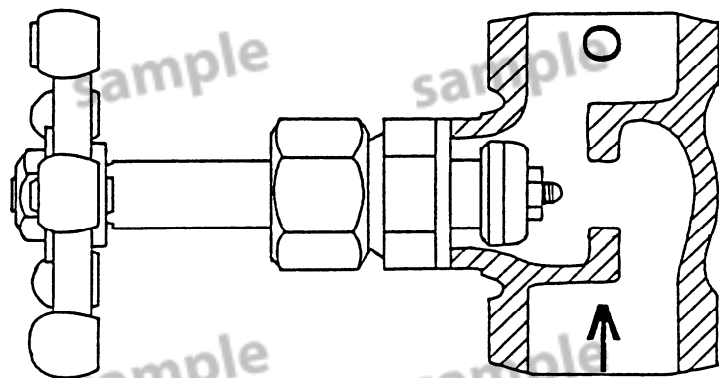
sample

sample

ハンドル開



ハンドル開



ハンドル閉

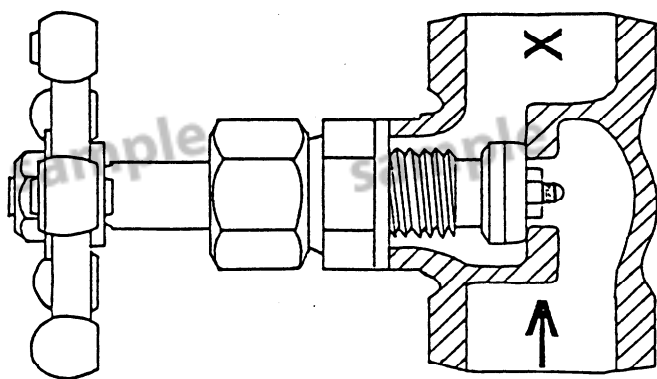


図2 ストップ・バルブのしくみ

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

分析表名 オペレーション・プロセス・チャート

方 法 現 状

作 業 水道管バルブ組立て作業

作 業 者 Aさん

分 析 者 河野, 篠田

分析年月日 90年 7月 11日

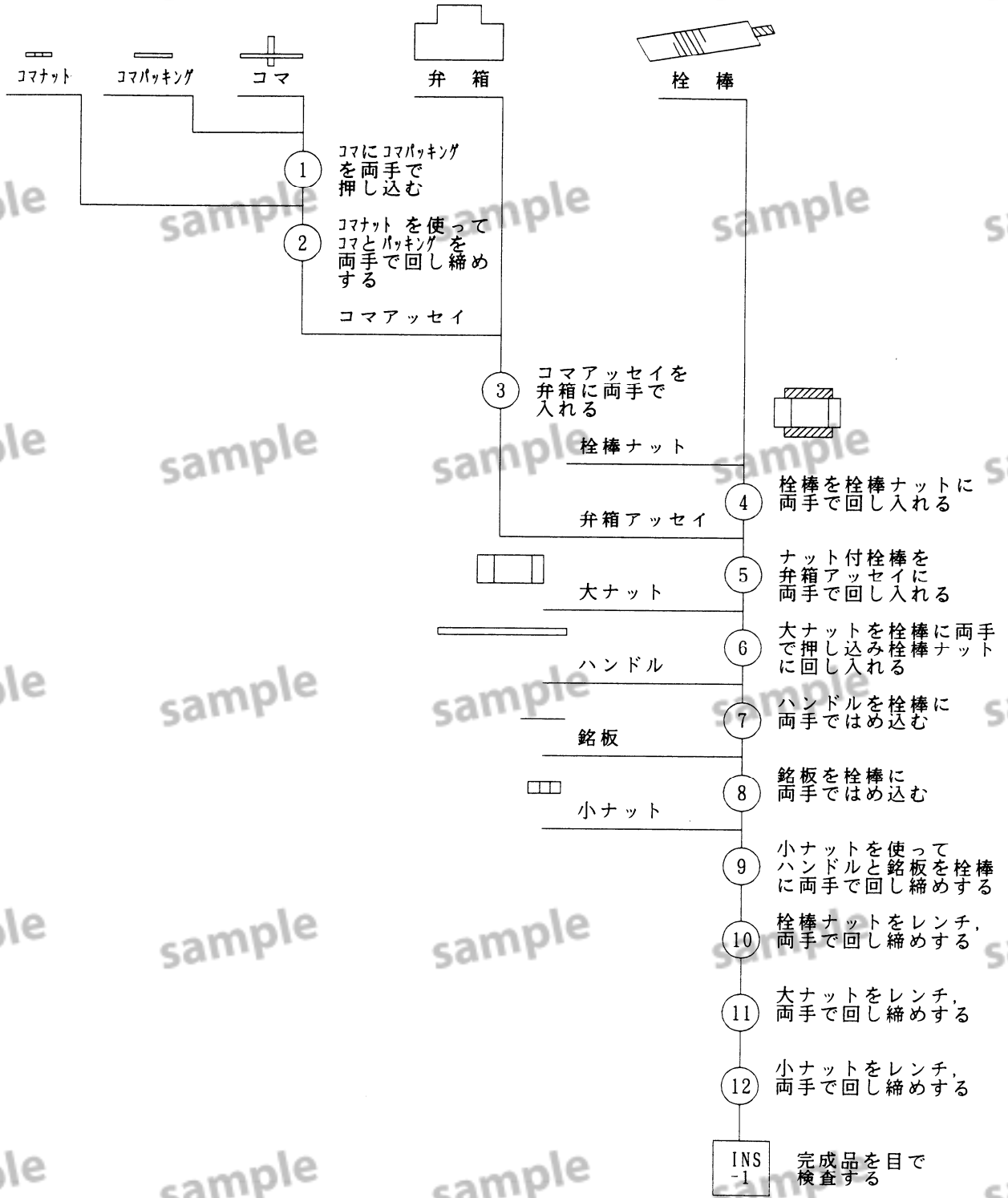


図3 現状作業のオペレーション・プロセス・チャート

分析表名 プレシードレンス・ダイアグラム

方法 現 状

作業 水道管バルブ組立て

作業 者 Aさん

分析 者 河野, 篠田

分析 年 月 日 90 年 7 月 11 日

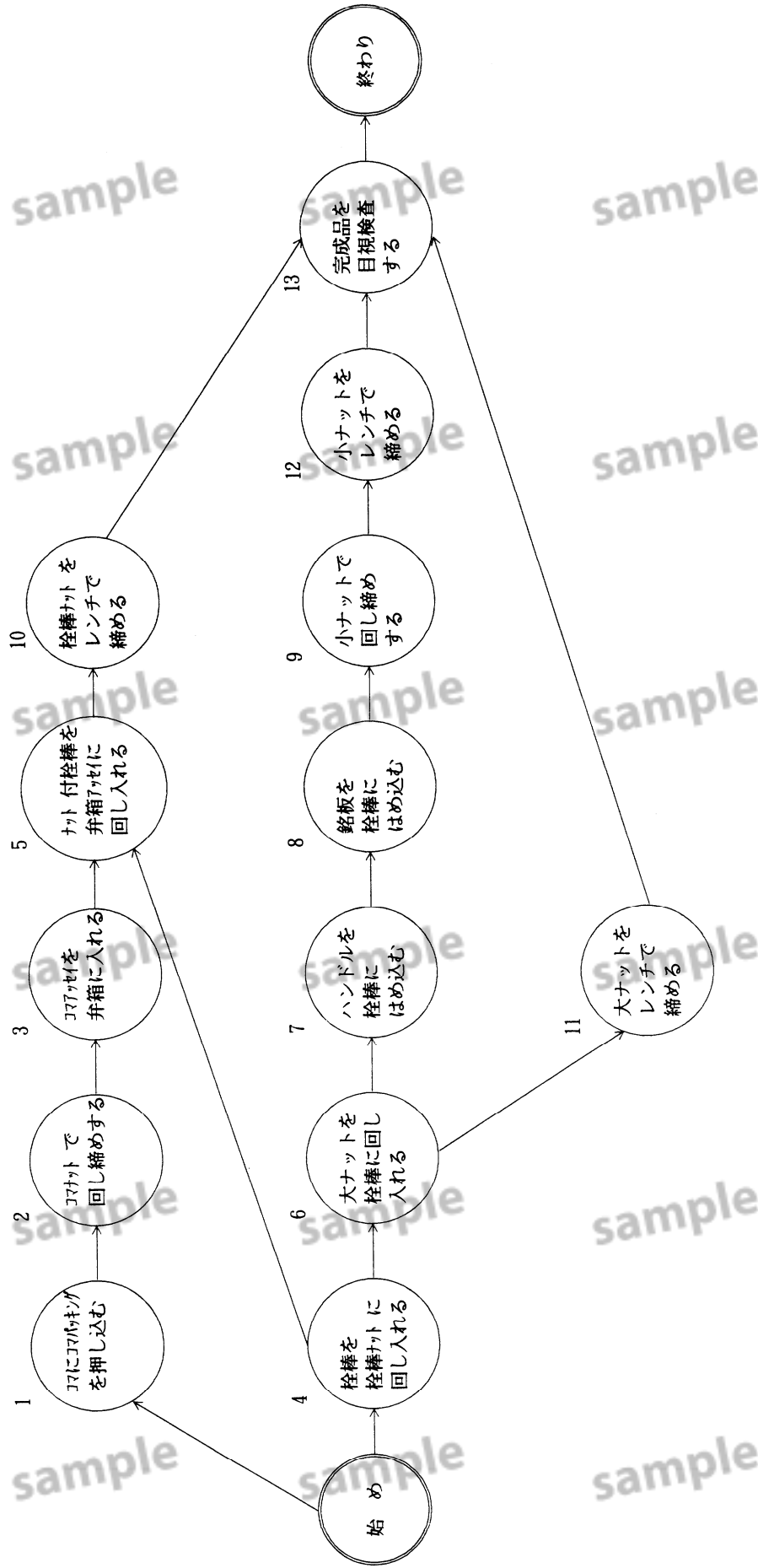


図 4 先行順序関係の制約

サーブリグ分析表

分析日 90年11月23日 No. 1

No.	左手の動作	記号		右手の動作	No.
		左手	右手		
1	から手で	UD	TE	部品箱へ	1
2	から手で	UD	G	コマをつかむ	2
3	から手で	UD	TL	コマを 手もとへ	3
4	右手のコマをつかむ	G	H	コマを 保持する	4
5	コマを 保持する	H	RL	コマを はなす	5
6	コマを 持ち直す	PP	TE	部品箱へ	6
7	コマを 持ったまま	UD	TE	部品箱へ	7
8	コマを 持ったまま	UD	ST	コマパッキングを 選ぶ	8
9	コマを 持ったまま	UD	G	コマパッキングをつかむ	9
10	コマを 持ったまま	UD	TL	コマパッキングを 手もとへ	10
11	コマを コマパッキングへ 位置ぎめ	P	P	コマパッキングを コマへ 位置ぎめ	11
12	コマを 保持する	H	A	コマパッキングを コマへ 挿入する	12
13	コマを 保持する	H	RL	コマパッキングを はなす	13
14	コマ+コマパッキングを 持ったまま	UD	TE	部品箱へ	14
15	コマ+コマパッキングを 持ったまま	UD	ST	コマナットを 選ぶ	15
16	コマ+コマパッキングを 持ったまま	UD	G	コマナットをつかむ	16
17	コマ+コマパッキングを 持ったまま	UD	TL	コマナットを 手もとへ	17
18	コマ+コマパッキングを コマナットへ 位置ぎめ	P	P	コマナットを コマ+コマパッキングへ 位置ぎめ	18
19	コマ+コマパッキングを 保持する	H	A	コマナットを コマ+コマパッキングに 組合せる	19
20	コマ+コマパッキングを 保持する	H	A	コマナットを 5回回してねじしめする	20
21	コマアッセイを 保持する	H	PP	コマアッセイを 持ち直す	21
22	コマアッセイを はなす	RL	H	コマアッセイを 保持したまま	22

図5 コマアッセイ組立作業のサーブリグ分析表

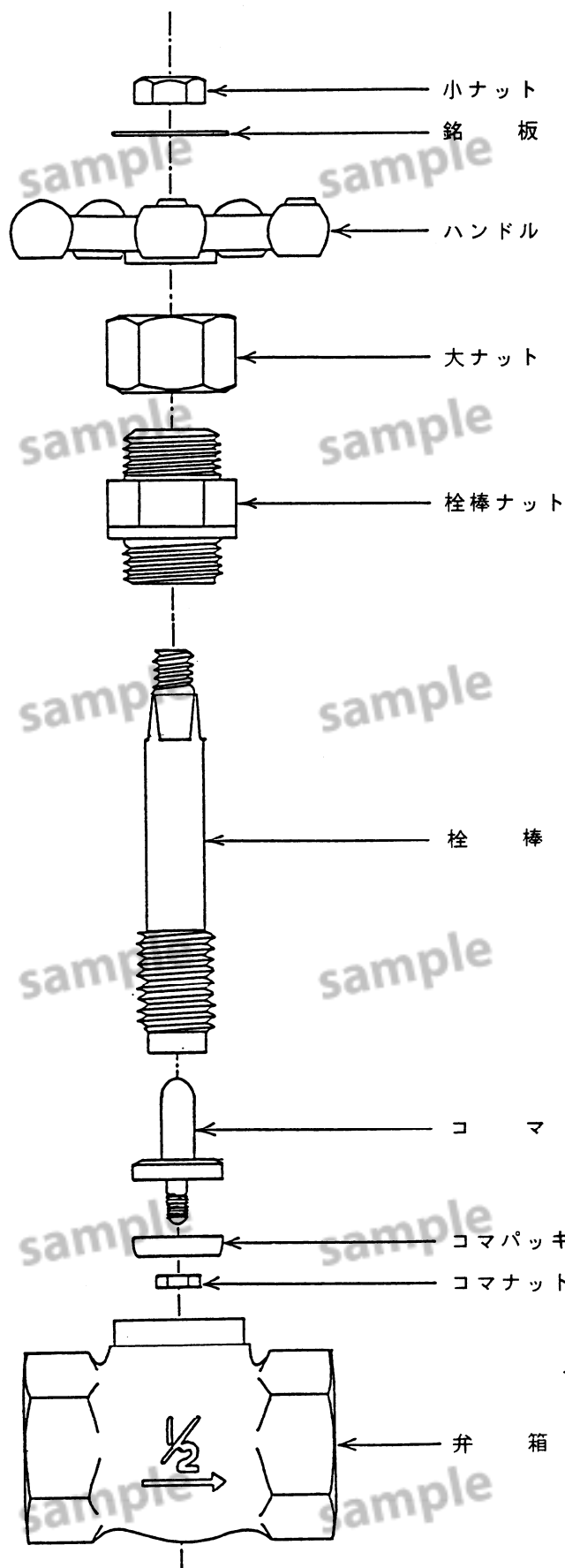


図6 ストップ・バルブの立体分解図

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

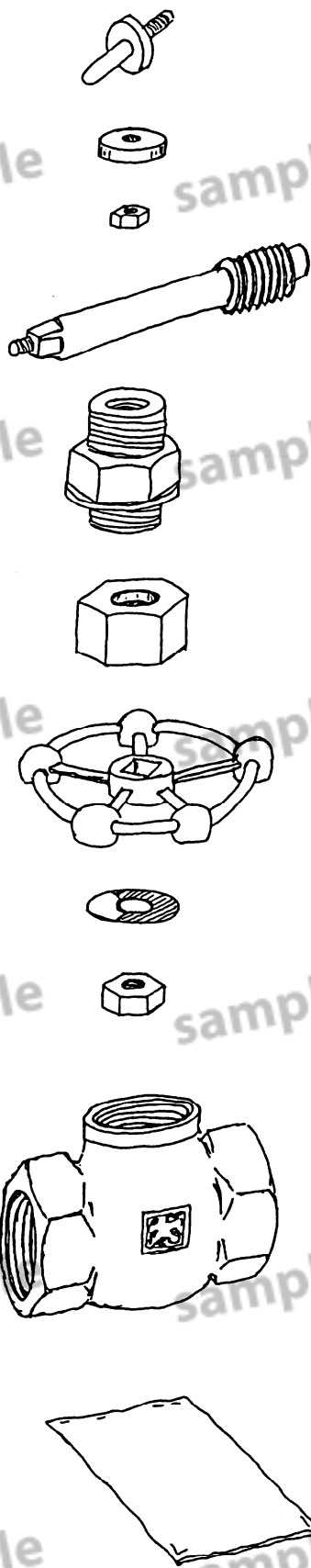
sample

sample

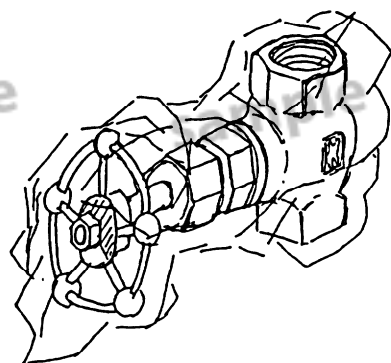
sample

sample

sample



始めの状態



終わりの状態

図7 1単位の製品の始めの状態と終わりの状態

付録A サブブリグ記号

番号	サブブリグ名	文字記号	説明	分類
1	組立 Assemble	A	部品を実際に組立てること (鉛筆にキャップをはめる)	一般的に 望ましい サブブリグ
2	分解 Disassemble	DA	目的物を分解すること (キャップをはずす)	
3	使う Use	U	工具を用いたり、ボタンやレバーを操作すること (鉛筆で字を書く)	
4	検査 Inspect	I	目的物の品質を調べること (字のできばえを調べる)	
5	から手 Transport Empty	TE	目的物に向かって動くこと (鉛筆へ手をのばす)	一般的に 補助的な 役割をする サブブリグ
6	運搬 Transport Loaded	TL	目的物の位置を変えること (鉛筆を持ってくる)	
7	つかむ Grasp	G	目的物をつかむこと (鉛筆をつかむ)	
8	はなす Release Load	RL	目的物をはなすこと (鉛筆を置く)	
9	位置決め Position	P	部品を並べたり、所定位置に合わせること (鉛筆の先を特定の位置に置く)	サブブリグ
10	前置き Preposition	PP	部品、工具を使うのに先立ってその他の場所で位置を正すこと (使いやすいうように鉛筆を持ち直す)	
11	探す Search	SH	目的物を手探りし、見つけようとする (鉛筆がどこにあるか探す)	
12	選ぶ Select	ST	1つの目的物をいくつかの中から選び出すこと (数本の中から1本の鉛筆を選ぶ)	
13	保持 Hold	H	目的物を一定の位置、場所に保持すること (鉛筆を持ったまま)	一般的に 望ましくない サブブリグ
14	避けえぬ遅れ Unavoidable Delay	UD	作業方法の一部として遅れがあるとき、他の身体部位または機械を待つこと	
15	避けうる遅れ Avoidable Delay	AD	標準の方法以外の動きまたは何もしていないこと (よそ見をして字を書かずにいる)	
16	考える Plan	PN	何をしようか決めること (どんな字を書くか考える)	
17	休む Rest for overcoming fatigue	R	サイクルの一部であり、かつ前の仕事の疲労を回復するために必要な遊び (疲れたので休む)	

出典：「理工学基礎実験第Ⅱ」テキスト，慶応義塾大学基礎工学教室，1989年

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

不 許 複 製

慶應義塾大学ビジネス・スクール

Contents Works Inc.