

Business Administration

Lecture No. 10:

Improvement Activities and IE (Industrial Engineering)

Takahiro Fujimoto

Department of Economics, University of Tokyo

The figures, photos and moving images with ™marks attached belong to their copyright holders. Reusing or reproducing them is prohibited unless permission is obtained directly from such copyright holders.

Devices for Productivity Increase

(1) Labor Management Approach

(2) Engineering Approach

Proprietary technology
(mechanical engineering, chemical engineering, etc.)

IE = promotion of efficiency of overall production
process

IE in Narrow Sense

Taylor's time study, work measurement ;
Succeeded Gilbreth's motion study, method study

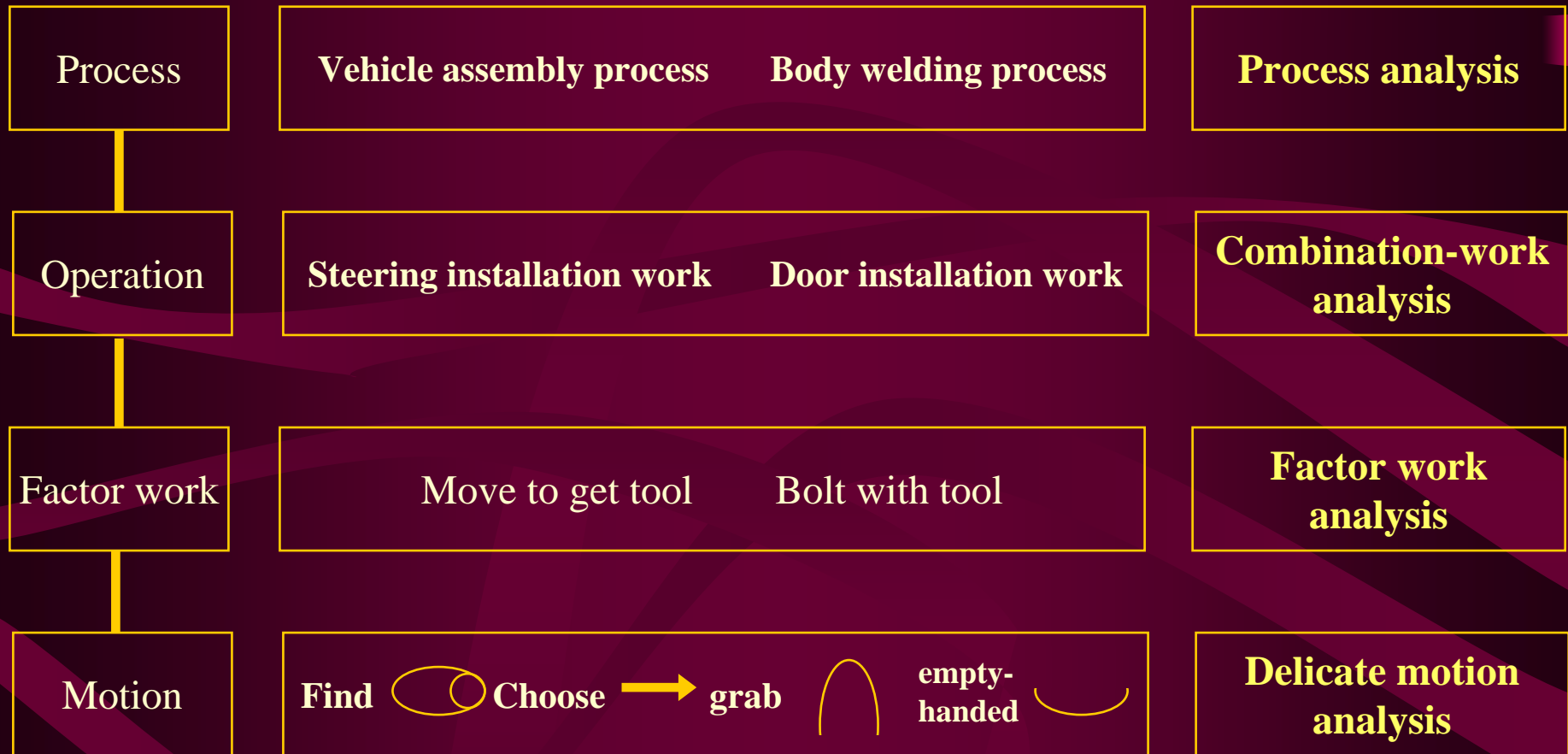
Production equipments/machineries were (are) in a black box.

Detailed analysis check on human works.

“Production management department”

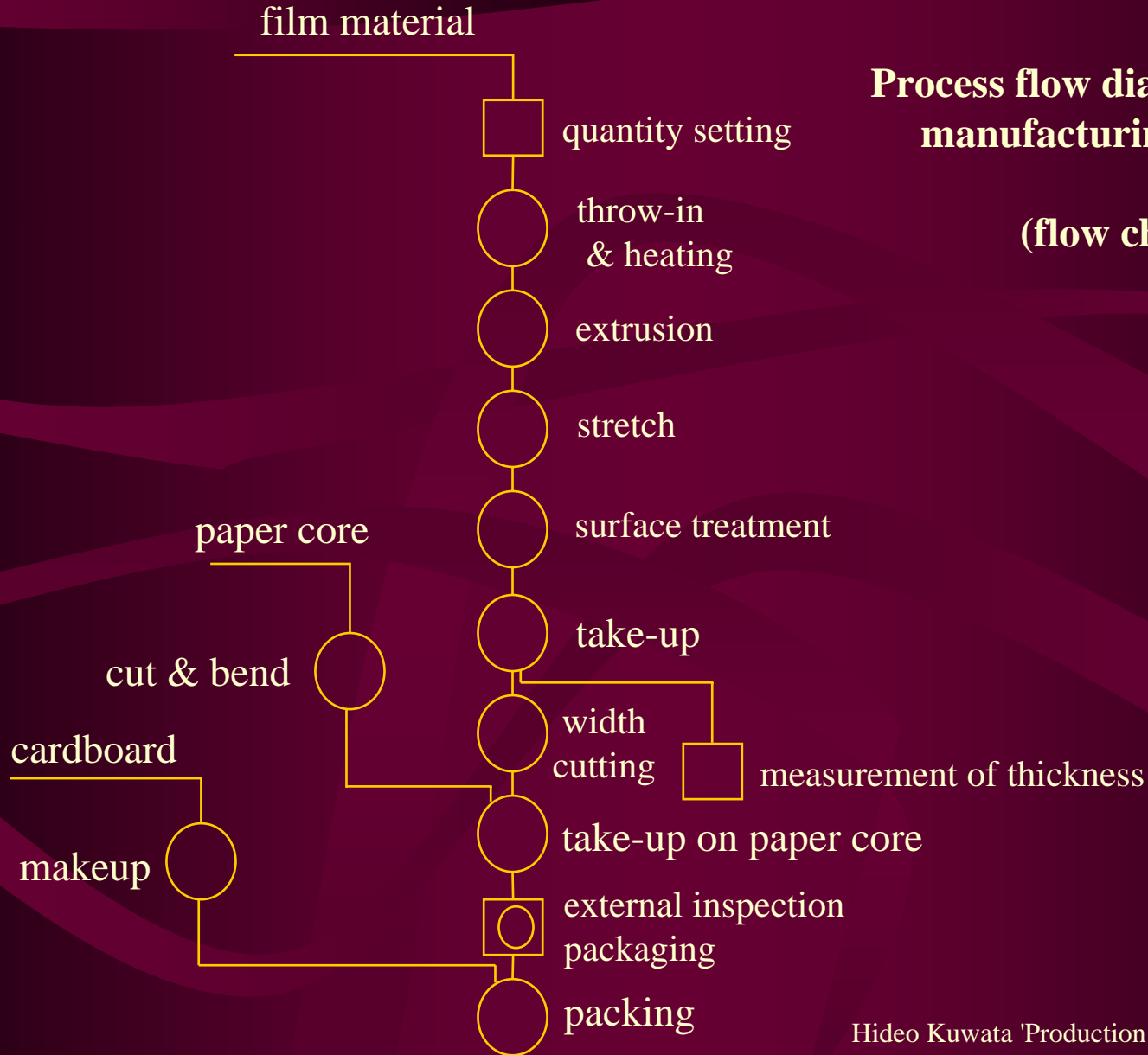
- ① **Process Analysis** (analysis on process flow chart: already described)
- ② **Combination Work Analysis** (linkage of person to machine, person to person, etc.)
- ③ **Motion Study** (factor work analysis, two-hand work analysis, delicate motion analysis, etc.)
- ④ **Time Study** (measurement of work time using stop watch)
- ⑤ **Operation Analysis** (classification of work time into main work, related work, leeway, etc.)

Bracket of Process/Work/Motion and IE Method



Note: Signs of motion were devised by Gilbreth, and are called “server rig signs”

Process Analysis (1) Process Flow Diagram

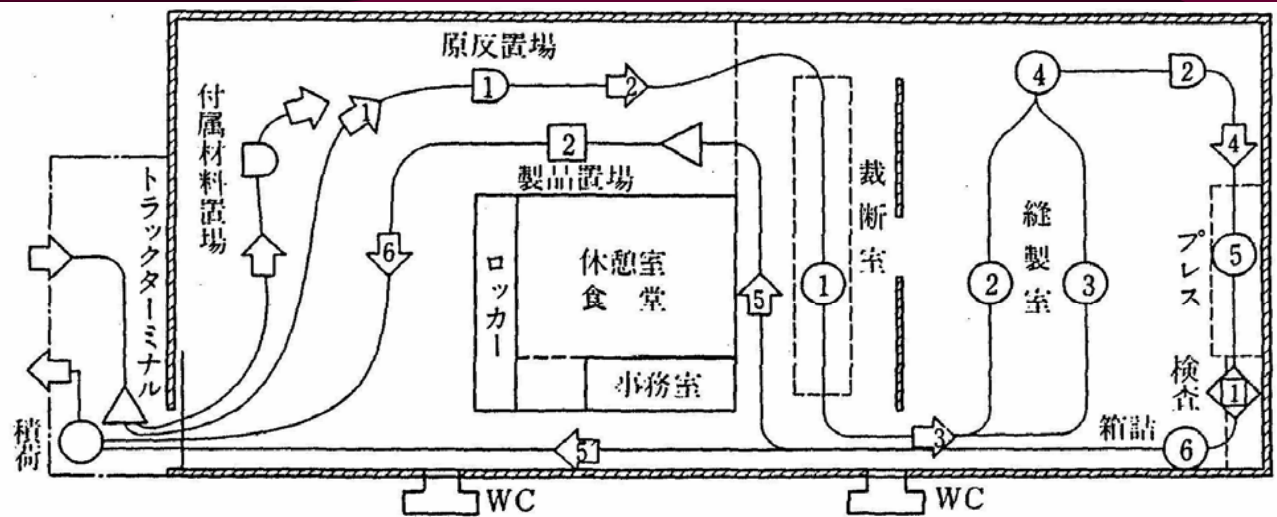


Process flow diagram of film manufacturing process

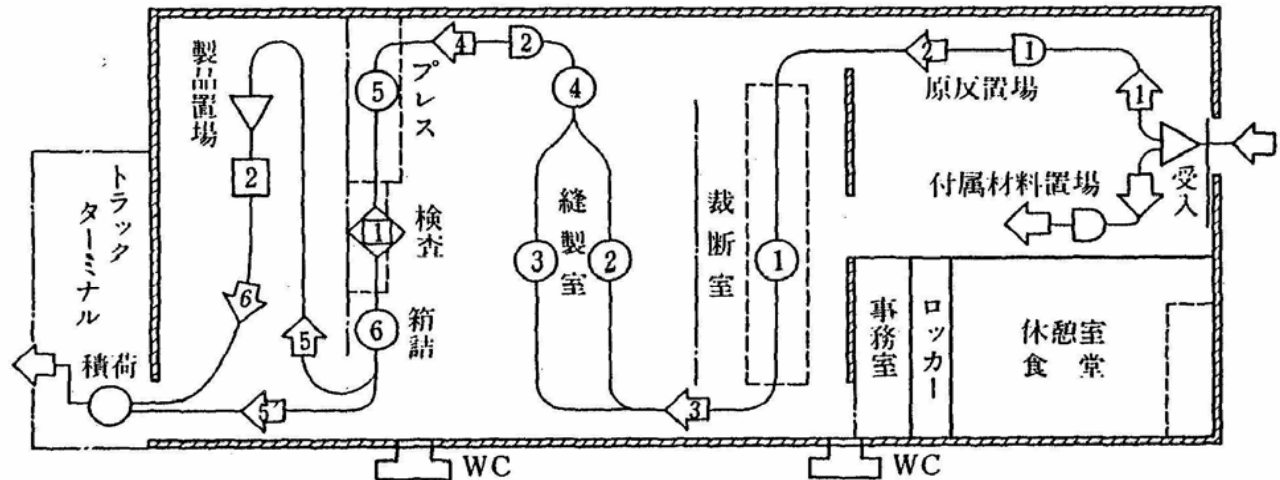
(flow chart)

Process Analysis (2) Layout and Flow Diagram

Improvement of layout,
and simplification of
product's flow line

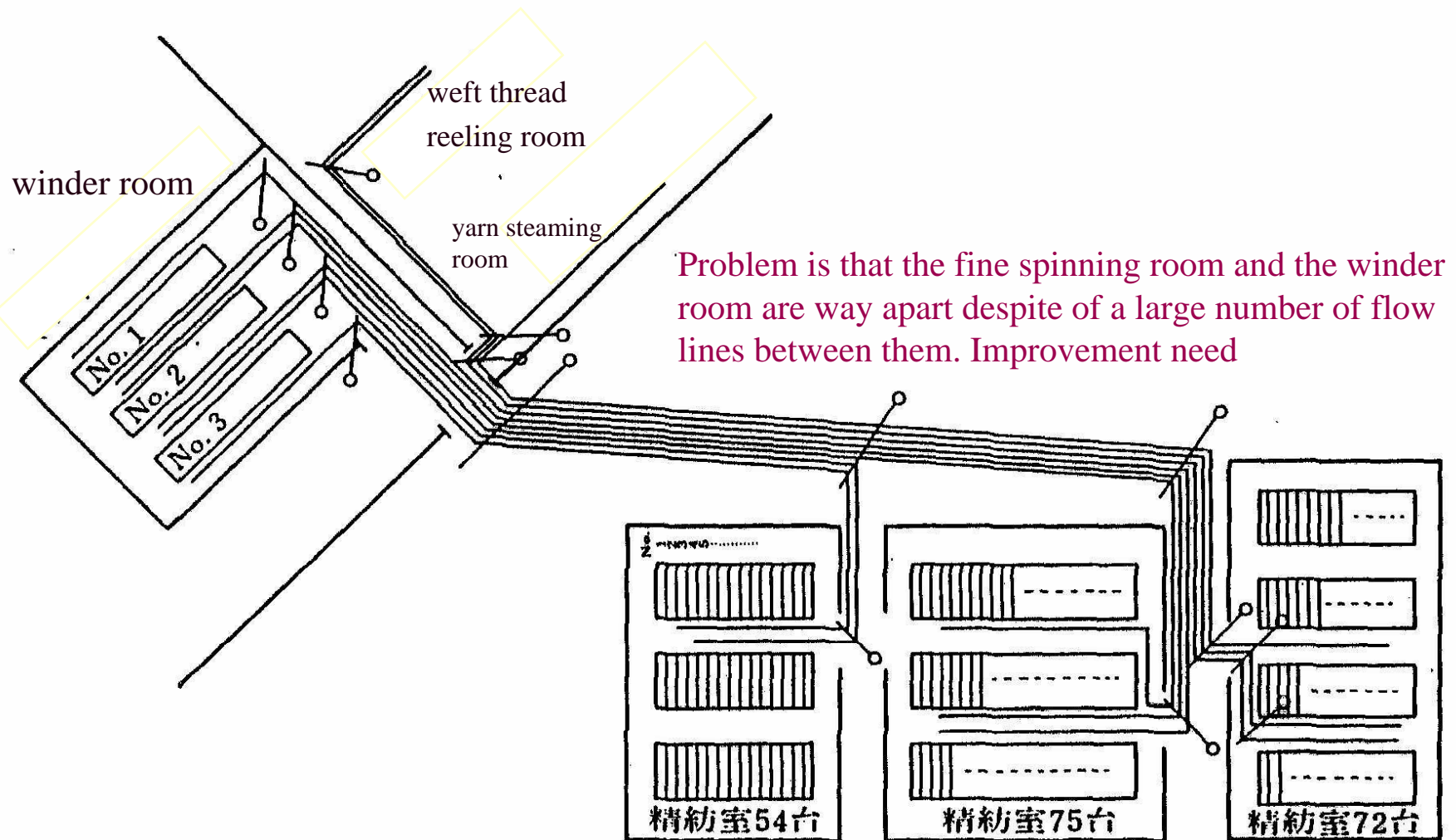


Sewing factory flow diagram (Present method)



Sewing factory flow diagram (Improvement idea)

Process Analysis (3) String Diagram (string-drawing flow line diagram)



Spinning Factory → Woven Cloth Factory String Diagram

Process Analysis (4) Manufacturing Route Chart

<div> <div>Process</div> <div>Parts</div> </div>	1	2	5	10	20	50	Total number
	Press	Lathe turning	Perforate	Tap	Milling	Gear cutting	
Shaft		①	②		③		27
Gear wheel	①	②	③			④	58
Pinion	①		②			③	56
Axle bearing		①	②	③			17
Total	2	3	4	1	1	2	



These should be closely situated.

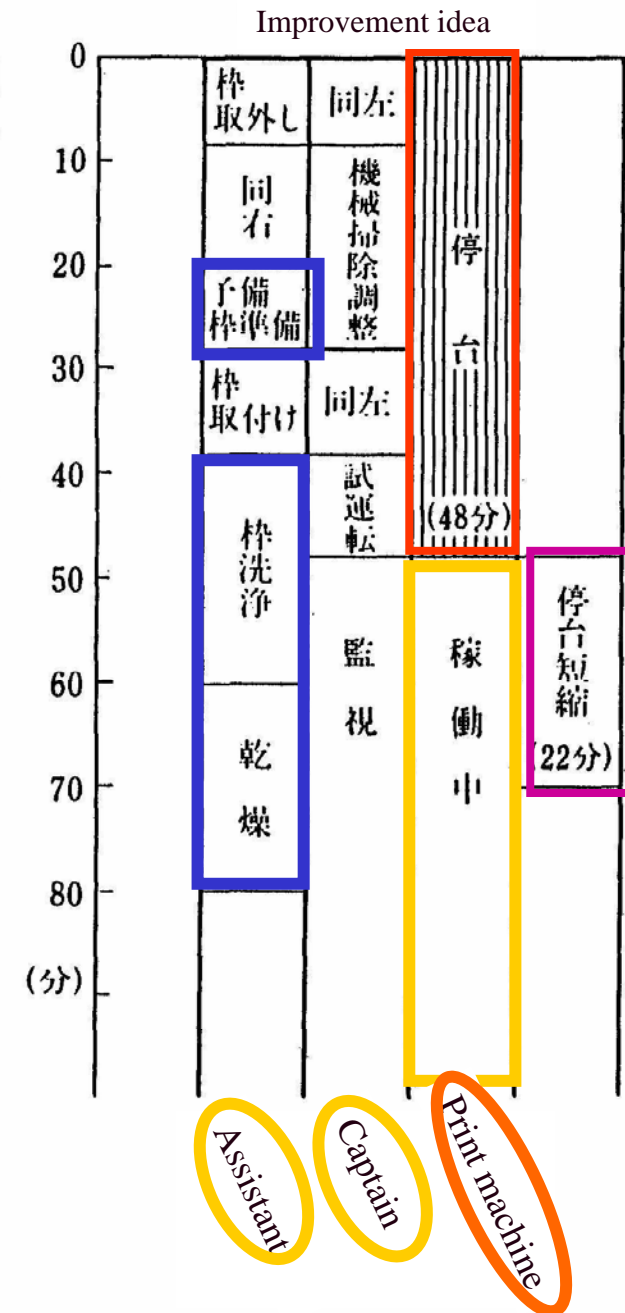
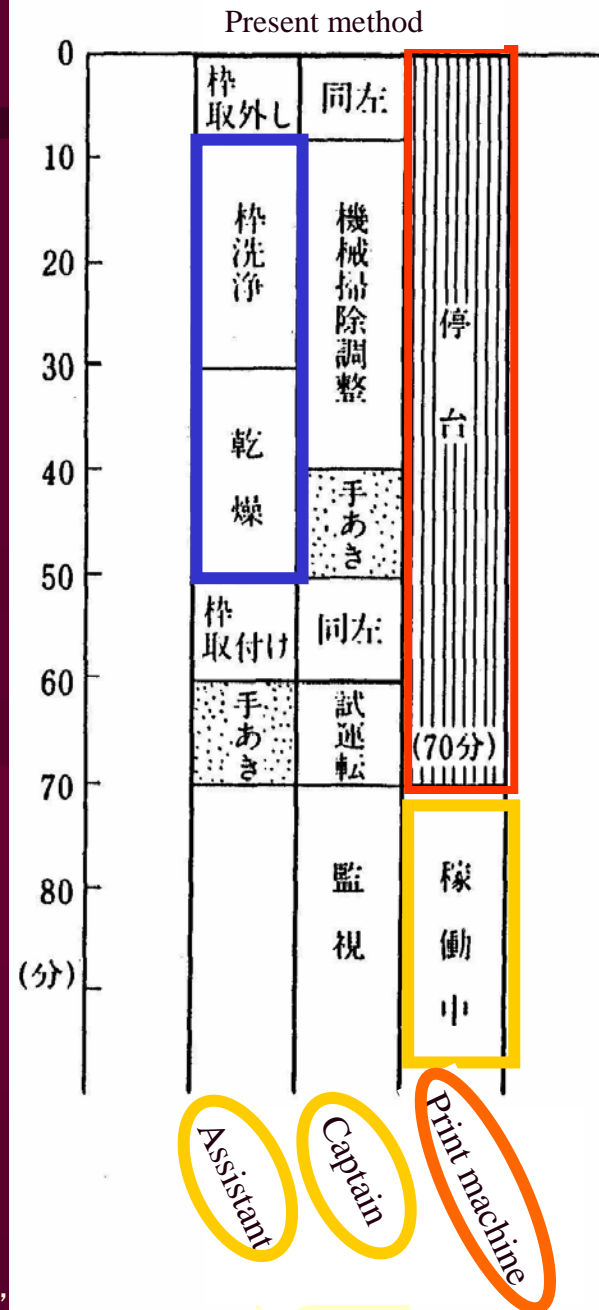
Combination Work Analysis

Shorten set up time

Invest in backup frame→

Separate time for frame washing/drying from one for table halting

(shift from internal set-up to external set-up)



Motion Study (1) Factor Work Analysis

Unit: minutes in 1/100

結反作業の要素作業分析			
No.	要素作業	所要時間(×10 ⁻² 分)	
繰返し 1ロット 5回	1 反物と伝票を照合する	10	
	2 リフト・テーブル上の梱包反を延反台上におろす	55	}
	3 梱包のバンドを切る		
	4 梱包の包装紙を取除く		
	5 生地を延反台中央に移す	85	}
繰返し 1ロット 20回	6 生地の左右上下を反転し生地の表を確認する		
	7 生地をパレットに積む		
	8 生地をパレット上で広げる	175	}
	9 生地幅を揃える		
	10 生地端に工番, 生地名, 反番を記入する		
	11 生地端を取出しロッドにかける	95	}
	12 次の反物の生地端を取出し		
	13 前の生地端と今の生地端の耳を合わせる		
	14 ミシンを移動させる	215	}
	15 生地をミシンにセットする		
	16 ミシン掛けする		
	17 ミシンを定位置に戻す	45	}
	18 リフトテーブルの安全踏板を広げる		
	19 結反完了生地の下端をまくり上げる		
		合計	680
20	結反生地を生地置場へ運ぶ	125	†

Motion Study (2) Two-Hand Work Analysis

合繊管糸検査の両手作業分析表 (現在方法)

左手の動作		右手の動作	
管糸の方へ手を伸す	⇨	D	手待ち
箱の中の1本を把む	○		"
検査台まで運ぶ	⇨		"
持ちかえる	○	○	右手でつかんで
ベッグへさし込む	⇨	⇨	ベッグへさし込む
鉋で糸端を切る	○	○	糸端を切る
管糸を回しながら検査	□	□	管糸を回しながら検査
包装袋を用意	⇨	⇨	包装袋を用意
検査続行	□	D	袋をもったまま待つ
右手の袋に手をやる	⇨	⇨	ベッグから管糸を抜取る
袋の口を広げる	○	○	<u>管糸を袋に入れる</u>
支えている	D		同上
ビニール袋の端を管の中へ	○	○	ビニール袋の端を管の中へ
手待ち	D	⇨	管糸を箱へ移す
"		○	箱に詰める
"		⇨	手をもとへ戻す

合繊管糸検査の両手作業分析表 (改善案)

左手の動作		右手の動作	
箱の中の1本を把んで	○	⇨	箱詰をした右手をもとへ戻す
検査台まで運ぶ	⇨	D	手待ち
持ちかえる	○	○	右手で把んで
ベッグへさし込む	⇨	⇨	ベッグへさし込む
鉋で糸端を切る	○	○	糸端を切る
管糸を回しながら検査	□	□	管糸を回しながら検査
袋へ手をやって	⇨	⇨	袋を1枚とりだして
袋の口を広げる	○	○	<u>管糸に袋をかぶせる</u>
管糸を抜取って	⇨	⇨	ベッグから管糸を抜取る
ビニール袋端を管の中へ	○	○	ビニール袋の端を管の中へ
管糸の方へ手を伸す	⇨	⇨	管糸を箱へ移す
そのまま待つ	D	○	箱の中へ詰める

Ideas to use right hand and left hand simultaneously.

Ideas on sacking motion.

Motion Study(3)

Delicate Motion Analysis

Delicate motion analysis
on winder thread change,
thread tying work
(improve toward better motions)

作 業 名			ワインダー管糸替え, 糸結び作業				
日 時	'89. 10. 14	機 械 名	RTW No.8	品 名	W 40	作 業 者	A. A. (1年6ヵ月)
左 手			右 手				
No.	要素	動 素	サブリック		動 素	要素	No.
1	管系を取りだし糸端取りだしをまつ	管系箱へ手をのばす	∪	∪	空木管へ手をのばす	空木管を除く	1
2		"	—	∪	空木管をつかむ		2
3		"	—	∪	空木管を木管へ運び		3
4		管系をつかむ	∪	∪	空木管を放す		4
5	管系をベッグの方へベッグにさす	管尻を右手の方へ向けながら手前にもってくる	∪+8	∪	手前にもどり	管系の糸端をつかんでチーズの位置まで運ぶ	5
6		もったまま手待ち	∪	→	糸端をさがし		6
7		管系を保持	∪	∪	糸端をつかむ		7
8		管系をベッグの方へ	∪+8	∪	糸端をもったまま手待ち		8
9	管系から手を放す	ベッグにさす	井	—	"	両糸端をノッターへ	9
10		管系から手を放す	∪	∪+8	テンションデバイスに糸を通す		10
11		チーズの方へ手をのばす	∪+8	∪	チーズの方へ糸端をはこぶ		11
12		糸を結ぶために待つ	∪	→	チーズの糸端をさがす		12
13	糸を結び準備	"	—	∪	チーズの糸端をつかむ	起 動	13
14		"	—	∪+8	チーズの糸端をノッターの方へ		14
15		糸がかかる位置にノッターを向ける	9	井	チーズの糸端をノッターにかける		15
16		ノッターで結ぶ	∪	∪	糸屑をもってスターティングレバーの方へはこぶ		16
17	糸を結ぶ	テンションをかけるための手待ち	∪	—	途中チーズをかるくまわす		17
18		ノッターから糸を放す	井	∪	レバーを押す		18

表 3.12 サーブブリグ

番号	サーブリグ名	分類	サーブリグ記号		例
			記号	説明	
1	探す (Search)	2		眼で物を探す形	鉛筆がどこにあるか探す
2	選ぶ (Select)	2		選んだものを指示した形	数本の中から 1 本の鉛筆を選ぶ
3	つかむ (Grasp)	1		物をつかむ手の形	鉛筆をつかむ
4	から手 (Transport Empty)	1		空手の形	鉛筆へ手をのばす
5	運ぶ (Transport Loaded)	1		手に物をのせた形	鉛筆を持ってくる
6	保持 (Hold)	3		磁石に物を吸付けた形	鉛筆を持ったままている
7	放す (Release Load)	1		手のひらを逆にした形	鉛筆を置く
8	位置ぎめ (Position)	2		物を指の先端に置いた形	鉛筆の先を特定の位置におく
9	前置き (Pre-Position)	2		ボーリングのピン	使いやすように鉛筆を持ちなおす
10	調べる (Inspect)	1		レンズの形	字のできばえを調べる
11	組み合わせ (Assemble)	1		非桁の形	鉛筆にキャップをはめる
12	分解 (Disassemble)	1		非桁から 1 本はずした形	キャップをはずす
13	使う (Use)	1		Use の U	字を書く
14	避けえぬ遅れ (Unavoidable Delay)	3		人がつまづいて倒れた形	停電で字が書けないので手待ちする
15	避けうる遅れ (Avoidable Delay)	3		人が寝ている形	よそ見をして字を書かずにいる
16	考える (Plan)	2		頭に手を当てて考えている形	どんな字を書くか考える
17	休む (Rest)	3		人がいすに腰かけて休む形	疲れたので休む

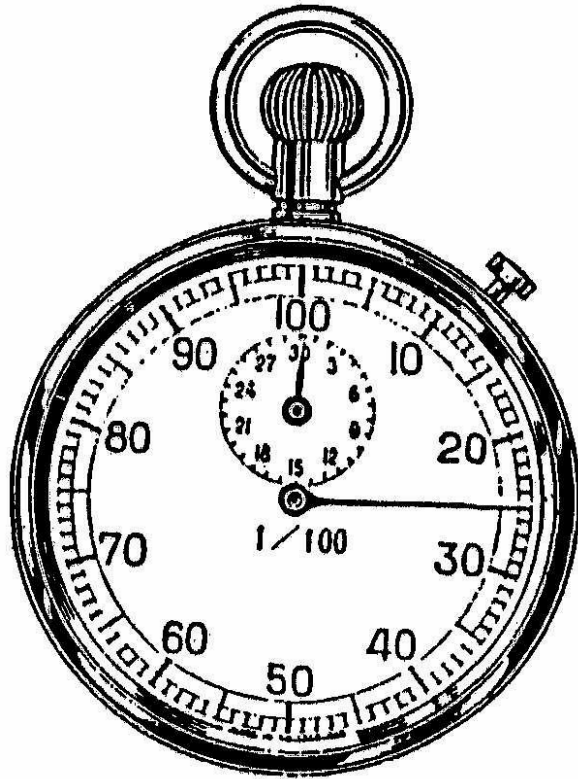
Motion Study (4)

Serve rig signs (Gilbreth)

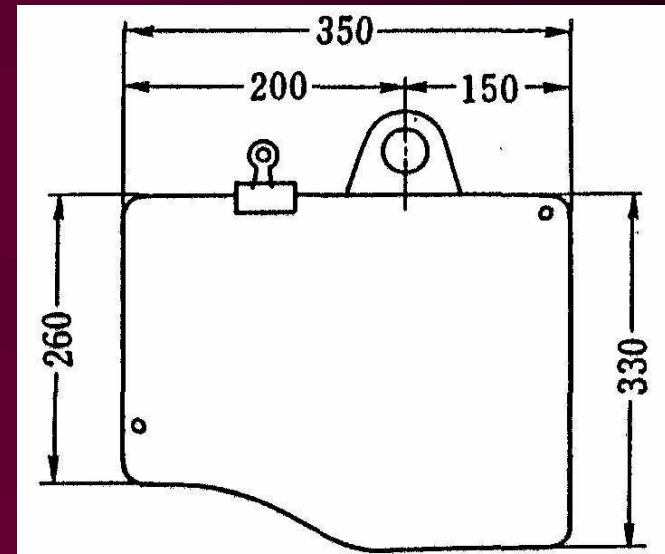
Express delicate motions by signs.

Time Study

Time measurement of floor works with a stop watch in hand is a must.



decimal minute stop watch



observation board

Work Improvement (Kaizen)

bottom-up pattern

⇔ top-down pattern

floor-level participation pattern

⇔ special-staff lead pattern

Kaizen is a “total company IE”.

KAIZEN

(Ky'zen)

The Key to Japan's Competitive Success

MASAAKI IMAI

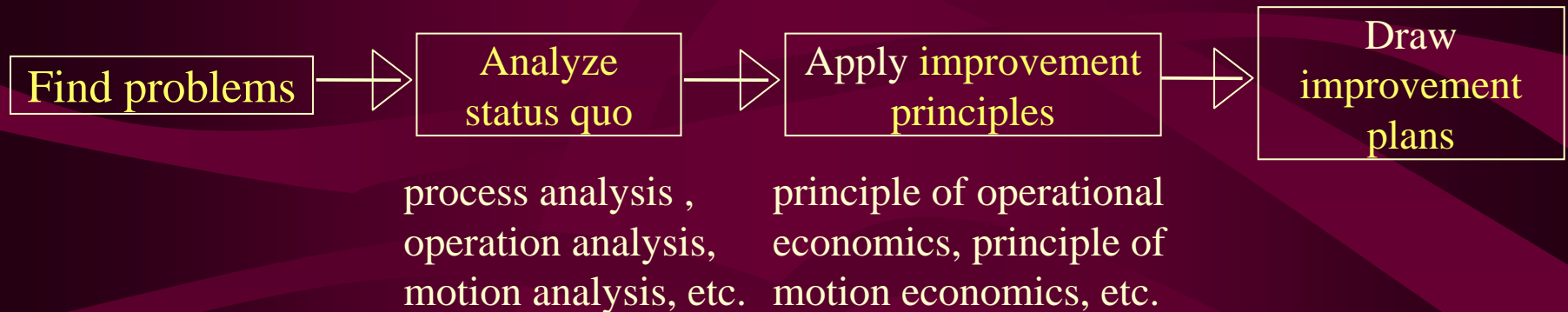


**Random House Business Division
New York**

Imai

“Kaizen”

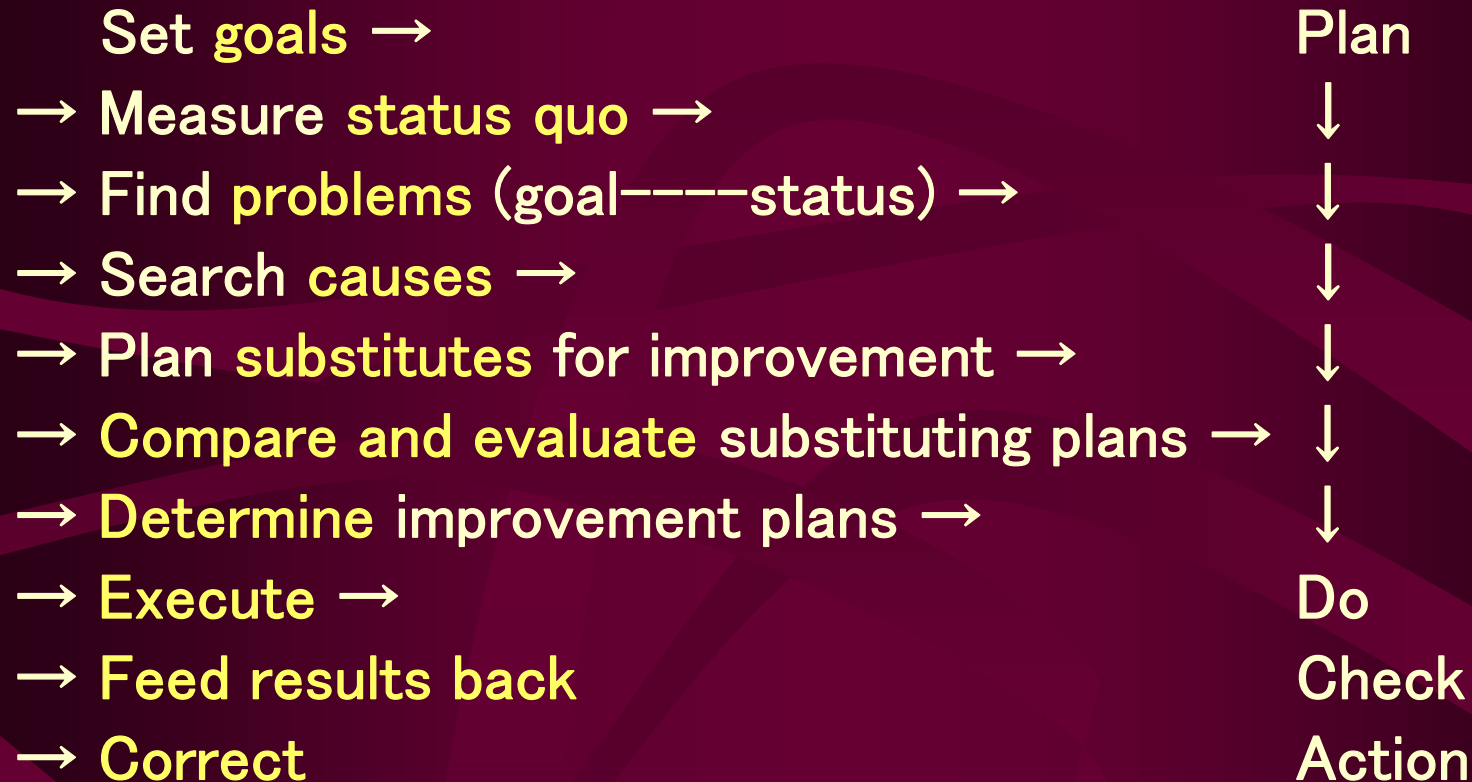
Standard Steps to Draw Improvement Plans in IE



Author making (reference: Koji Shioka 'Hand of IE')

Steps for Improvement

----- Improvement is a process of “Problem Solving”.



PDCA Cycle



Similarities to “Classic Control Theory”
(ファヨール、ガーリック、アーウィックなど)

Control and Improvement

(1) Status Quo Control

= fix a standard; set permissible range;
analyze estrangement, corrective action

(2) Improvement (Kaizen)

= modify a goal upward; revise a standard

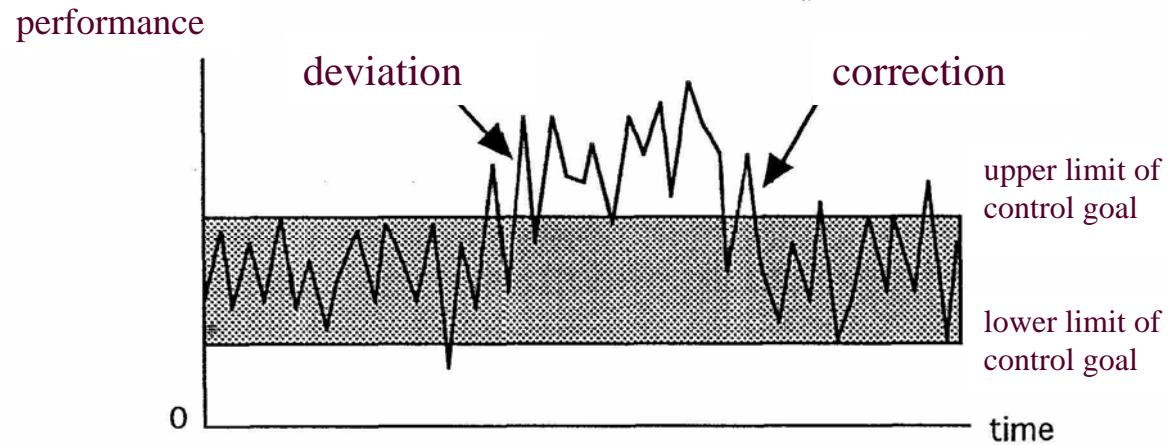
Note: Improvement is not the denial of a standard, nor the absence of a standard.

“There is no improvement where there is no standard.” (Imai “Kaizen”)

Conceptual Chart on Control and Improvement

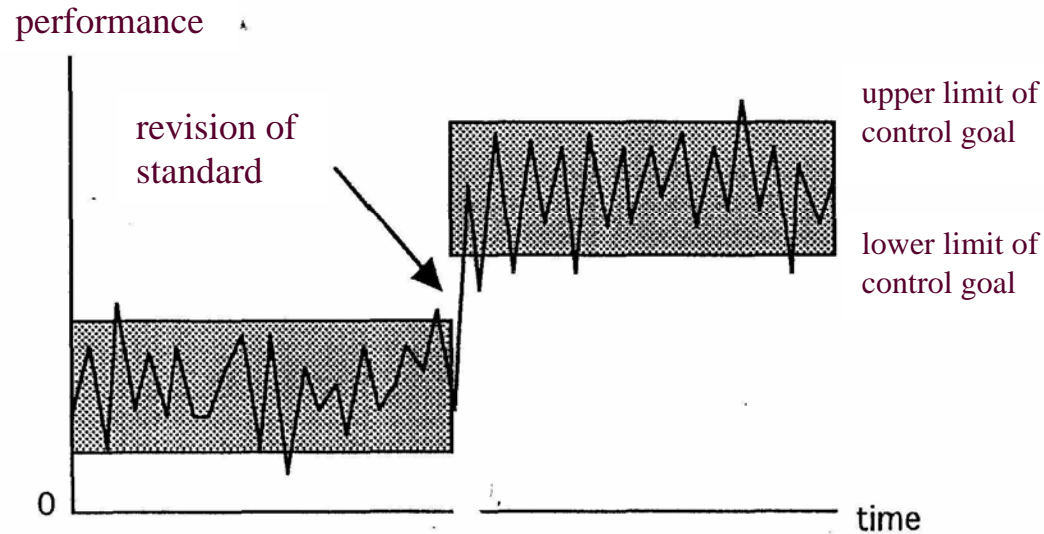
1

status quo control



2

improvement



Work Improvement as “Incremental Innovation”

(1) Incremental Innovation:

Innovation accumulated little by little.

A penny saved is a penny gained.

(2) Radical Innovation:

Fundamental change. A big bang to score an upset victory.

But, accompanied are investment risks and disorders.

In a long term, organizational capabilities on both are necessary.

Revision of Standard at Toyota Automobiles (Democratic Taylorism)

- (1) Work standards are drawn, not by IE experts, but by group leaders (foremen) at floor level.
- (2) Group leaders (foremen) are **veteran ex-skilled workers.**
- (3) Group leaders (foremen) are also **labor union members.**
- (4) Before new work standards are determined, foremen by themselves actually implement them for demonstration.
- (5) New **standards** are documented (standard work job cards, work manuals, etc.)
- (6) Revise standards frequently.

Toyota's Work Standards (1)

加工の場合の例

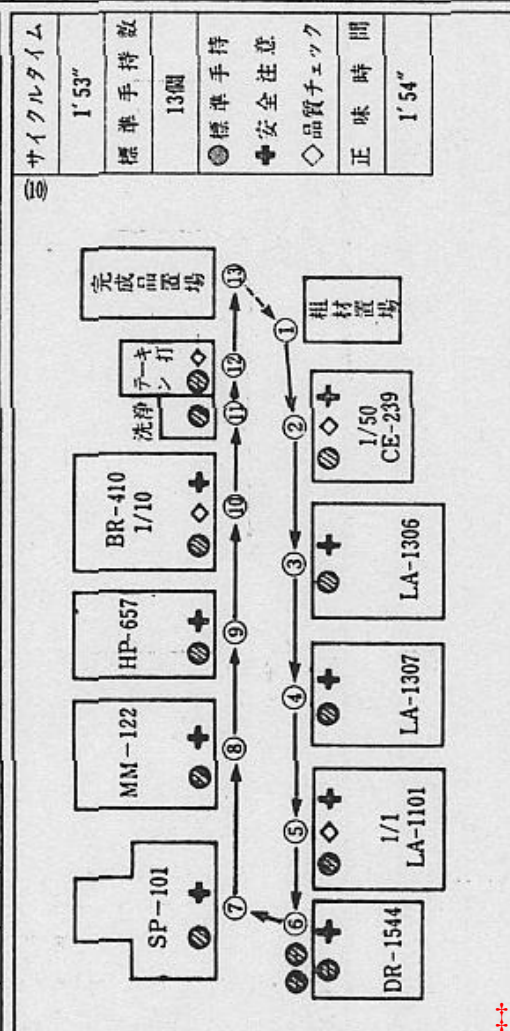
新改 50 年 2 月 5 日 作成

全 ページ中 ページ

課長	工 長	組 長	work instruction		品 番	必要数	所 属	氏 名
					4 3 2 0 $\frac{1}{2}$ — 8 6 0 2 2 (1)	446台/日 (2)		
					品 名 ステアリングナックル	分解番号 1/3	(3)	

(4) 工 号	(5) work	(6) 品 質 チェック	(7) point (Success or not, safe or not, easily or not) ゲージ	正味時間 (8) 分 秒
1	粗材取り出し		右手で	03"
2	CE— 2 3 9 外, 付, 送	1/50	目視 センターの浅すぎは後工程のLA, GR工程で危険	11"
3	LA—1 3 0 6 外, 付, 送		両センターに確実に取り付けること	11"
4	LA—1 3 0 7 外, 付, 送		両センターに確実に取り付けること	10"
5	LA—1 1 0 1 外, 付, 送	1/1	C 22.5 ^{+0.25} _{+0.20} 33.1 ^{+0.25} _{+0.20} 切粉はデレッキで取ること	12"
6	DR—1 5 4 4 外, 付, 送		目視 貫通状態を裏側から確認する	09"
7	SP— 1 0 1 外, 付, 送		M—22, P—1.5 取付面切粉清掃	09"
8	MM— 1 2 2 外, 付, 送			05"
9	HP— 6 5 7 外, 付, 送		ブッシュは油みぞが円周に切ってある方を上にして入れる	12"
10	BR— 4 1 0 外, 付, 送	1/10	取付面清掃	
		1/10	P S 光明丹80%以上	15"
		1/10	L F +0.25 -0	
11	洗浄機, 外, 付, 送			
12	ニップル取り付け		インパクトで締付け	
13	テーキン打ち, 外, 付, 送	1/1	目視 半欠け不可	17"
14	完成品台			

(9) 時間計 1' 54"



Toyota's Work Standards (2)

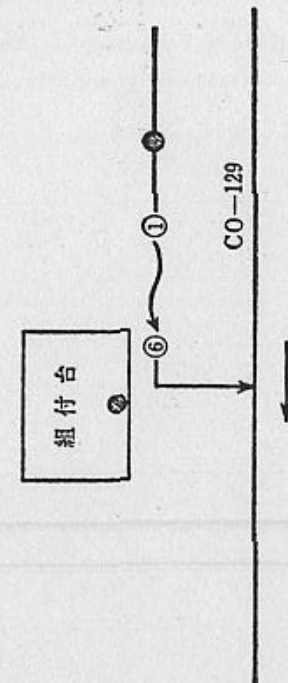
組付の場合の例

改 50 年 2 月 5 日 作成

全 ページ中 ページ

課長	工 長	組 長	work instruction	品 番	4 5 2 0 0 — * * * * *	必 要 数	600台/日	所 属	氏 名
				品 名	ステアリングポストアッシー	分解番号	2/3		

No	work	品 質		point (Success or not, safe or not, easily or not)	正味時間 分 秒	サイクルタイム 1'24"	標準 数 2 個	持 手 標準 ●	注 意 安全 ⊕	ク ェ ック 品質 ◇	間 正 味 時 間 1'22"
		チェ ック	ゲージ								
1	ギヤーボックスを組付治具に取り付け る			水平に押し込む	03"						
2	セクターシャフトにプレートシムをは め込みギヤーボックスに入れる			メーンシャフトをまわしながらセクターシャフトのローラ ーを中心にもっていく	15"						
3	セクタープレートを取り付ける スラストスクリューを取り付ける			ボルト締付けトルク 600~700kg/cm	33"						
4	スラストスクリューをセットする			一杯に締めた後 1/3~1/4 もとしてロックする	15"						
5	マストジャケットを入れて、クランプ ボルトを締める			ボルト締付けトルク 600~700kg/cm	12"						
6	取り外し、ローラーコンベアに引ッ掛 ける				04"						
時間計					1' 22"						



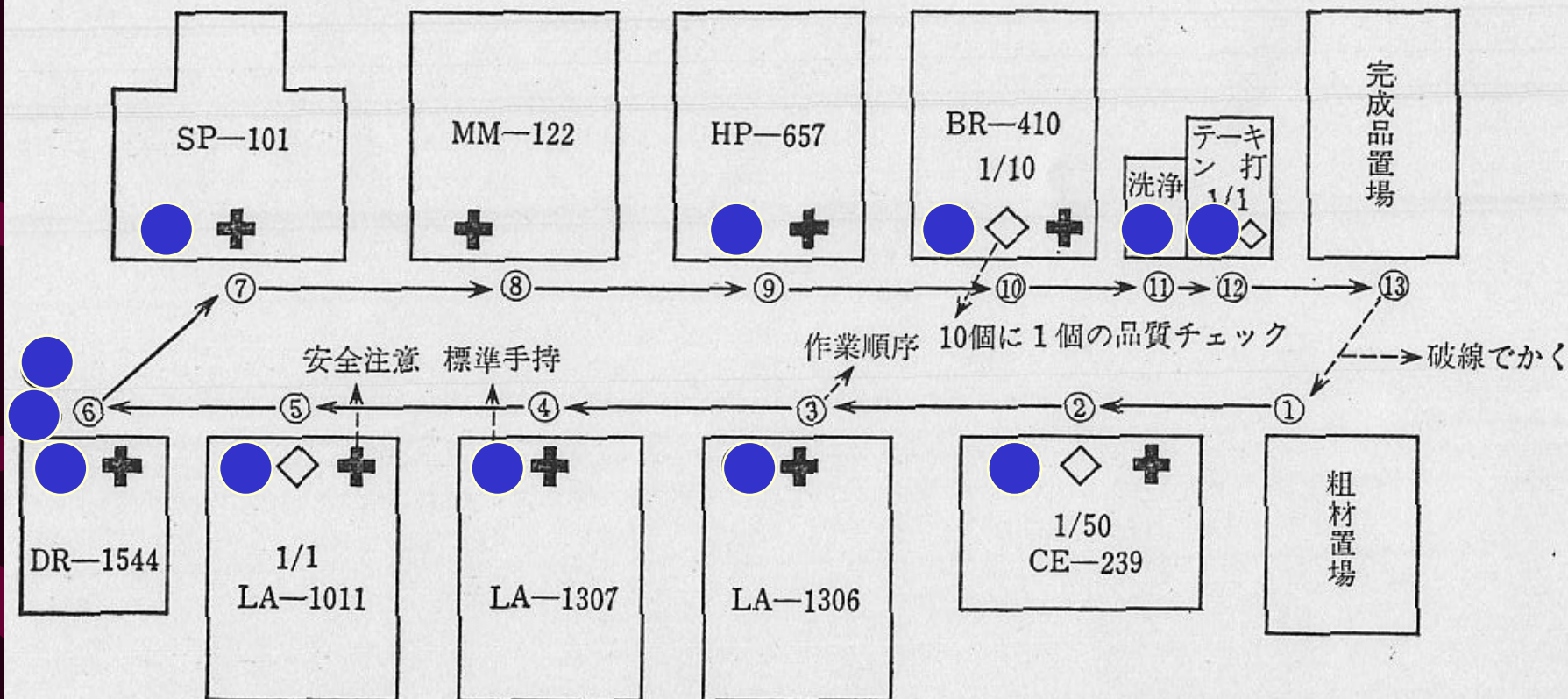
Toyota's Work Standards (3)

標準作業票

作業内容	粗材取り出し	から
	完成品	まで

U字ライン

ヒトは巡回



品質チェック	安全注意	標準手持	標準手持数	サイクルタイム	分解番号	正味時間
◇	+	●	12個	1' 53"	1/3	1' 54"

Suggestion System and Small Group Activities

Improvement Suggestion System:

Primarily to recruit, screen, recognize, and execute individuals' suggestions on a continuous basis.

Small Group Activities:

(QC circle, ZD activities, JK, suggestion group, etc.)

Their objectives are ----

(1) motivation, morale enhancement

(2) productivity increase and quality advancement

Their lead players?

Floor-level workers vs. floor-level managers

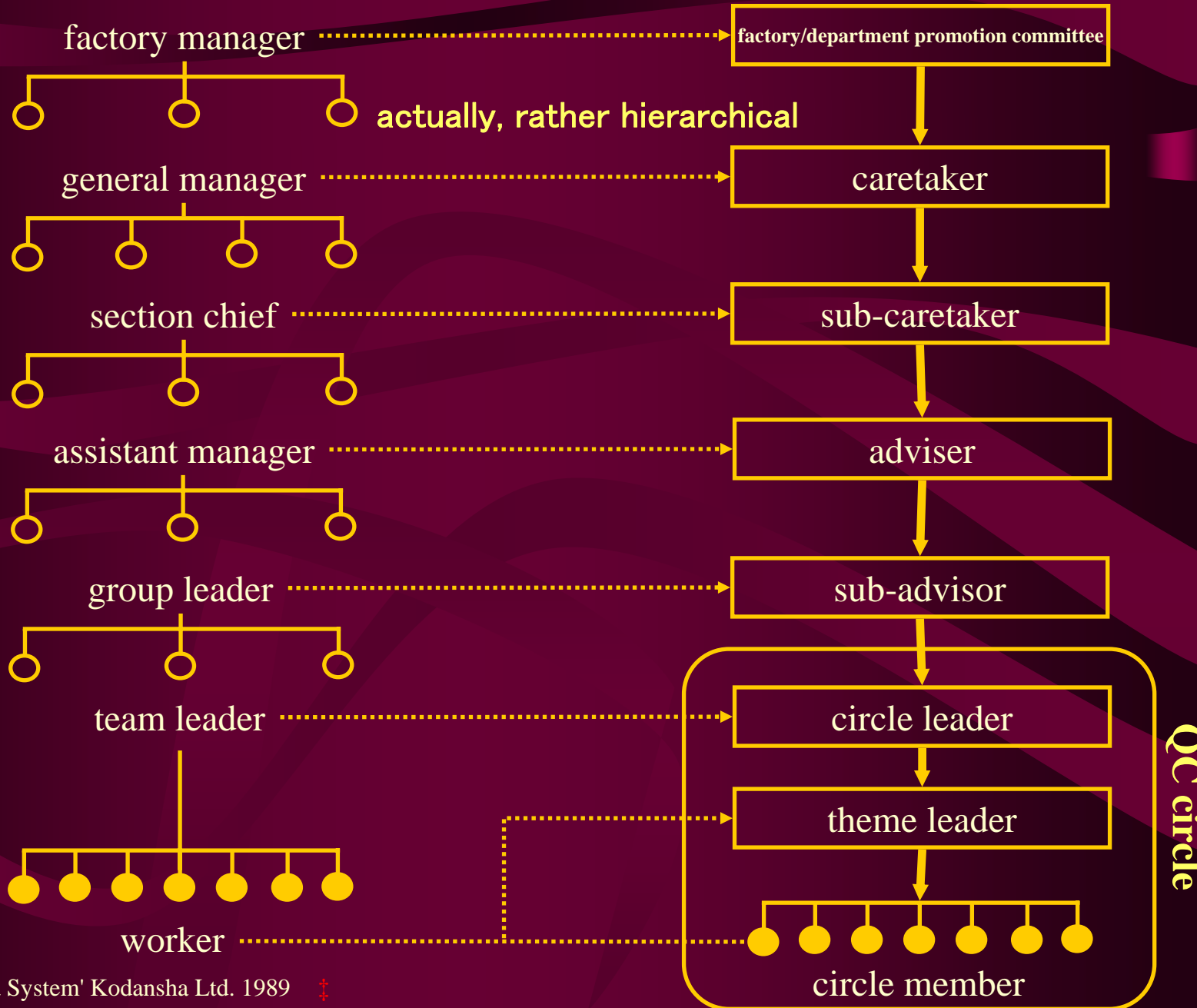
(group leaders, team leaders)

Toyota's QC Circle

Office Organization of Factory/Department

QC Circle Activities Promotion Committee

Structure of QC Circle and Its Relationship
with Managerial Organization



Focus Points of Productivity Improvement (by the book)

ECRS (Euro-American style, analytical)

Eliminate (eliminate wasteful works)

Combine (combine with other works)

Rearrange (rearrange sequences, locations, persons-in-charge of works)

Simplify (simplify works)

5W1H (Who, What, When, Where, Why & How)

5 Whys (耐一 Ono)

7 Wastes (耐一 Ono)

7 Wastes (耐一 Ono)

1. Waste in overproduction
2. Waste in stocks
3. Waste in transportation
4. Waste in manufacturing per se
5. Waste in inventory
6. Waste in motion
7. Waste in making defects

Productivity Increase by Advancing Rate of Net Working Time

Operation Analysis: Decompose “standard time”

→ dismantle time not producing value (waste, related works, etc)

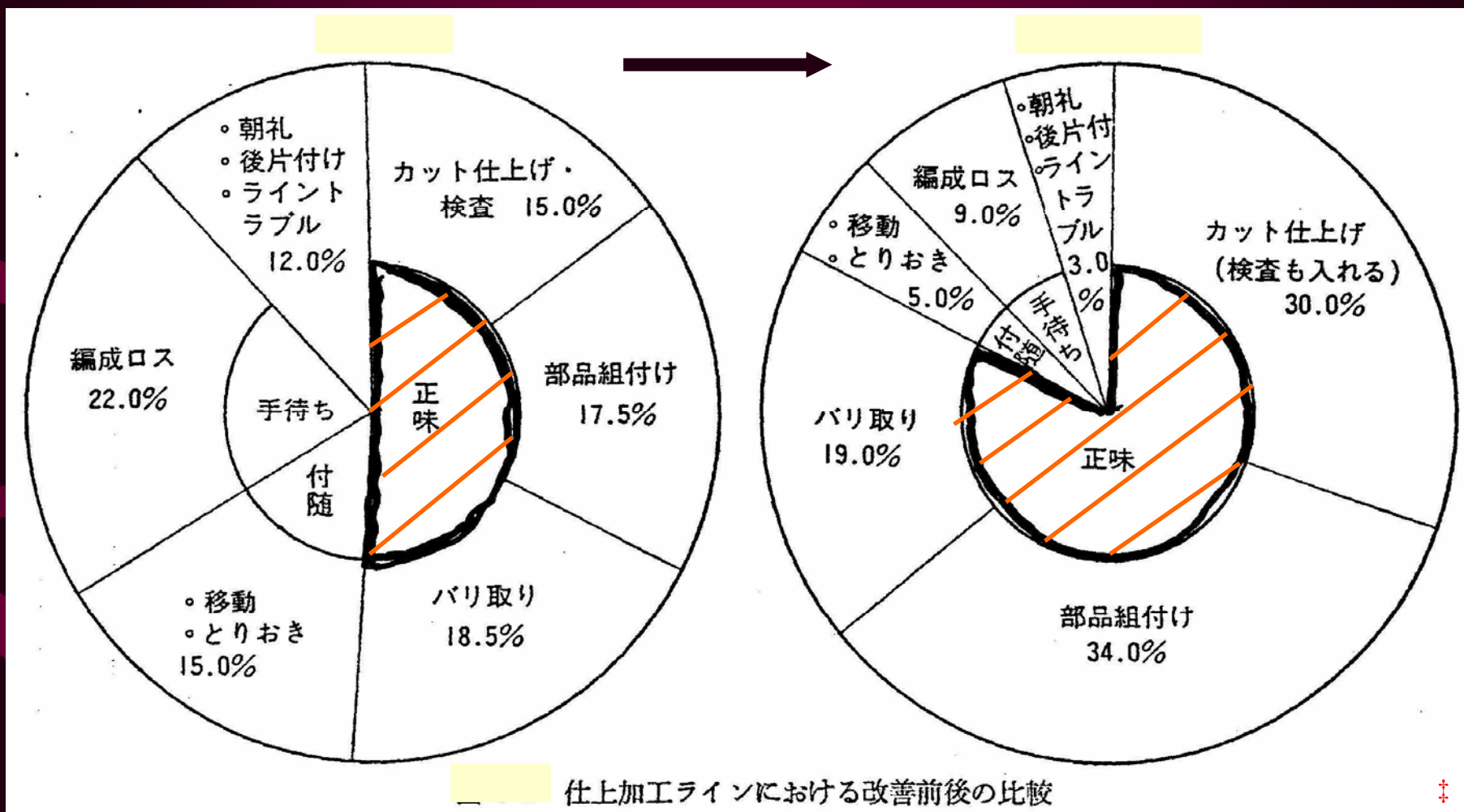
- waste → eliminate
- related works → shorten time with ideas

In result, the rate of net working time goes up, and productivity increases.

Toyota's Operation Analysis

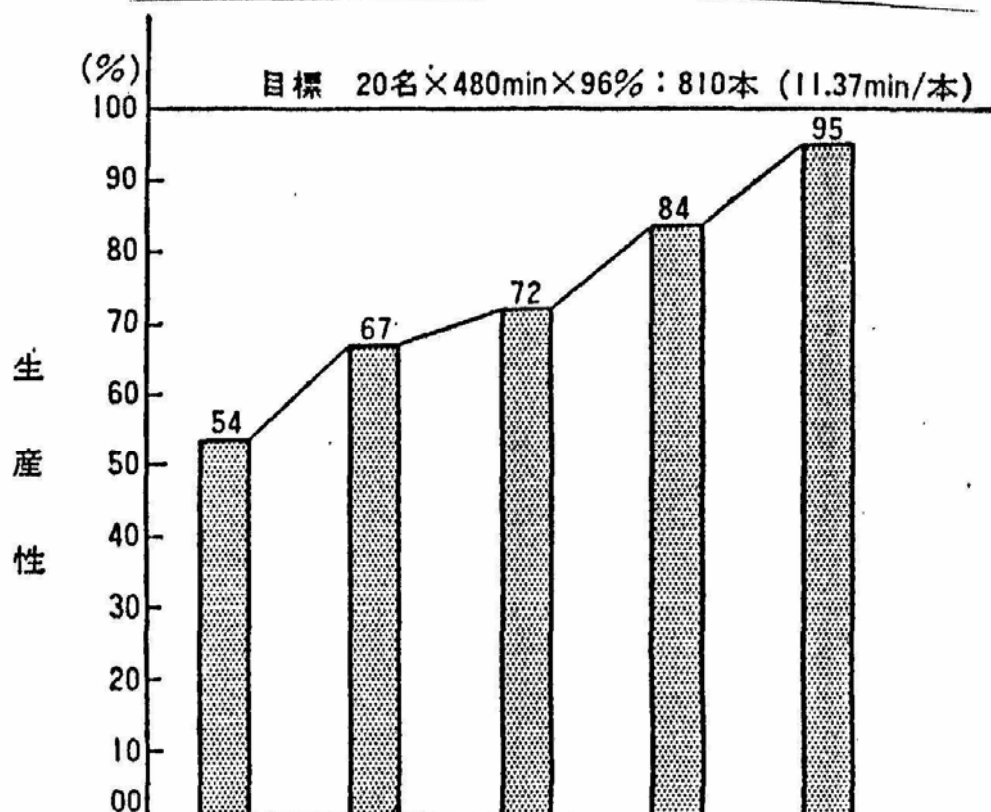


Advancement in Rate of Net Working Time



Improvement and Productivity Increase

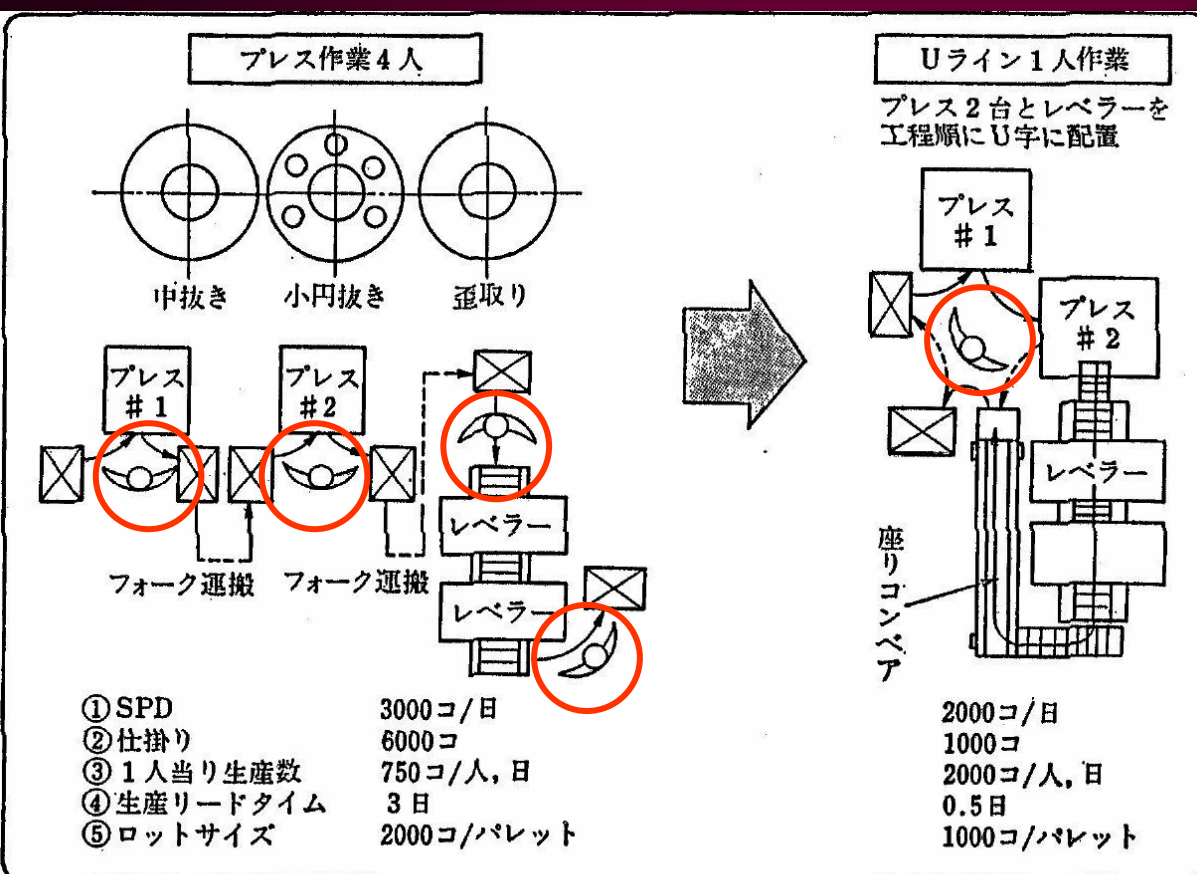
(Example of Nishikawa Kasei)



月 度	改善前	54/2	3	4	5	目標
編 成 人 員	26名	16名	16名	16名	16名	16名
修 正 人 員	3名	3名	2名	2名	2名	2名
リリーフマン	1名	2名	2名	2名	3名	2名
合 計	30名	21名	20名	20名	21名	20名
良 品 数 (定時間内)	660個	570個	585個	684個	804個	810個
生産タクト	36sec	32sec	32sec	32sec	29sec	

仕上加工ラインにおける改善後5ヵ月間の生産性推移グラフ

Case of Work Improvement



プレス作業のUライン化

**改善前のプレス作業
分析表 (1個づくり
生産)**

工 程	プ レ ス	
	#1	#2
作業要素		
取 り	2	2
位置合わせセット	2	2
スイッチを押す	1	1
置 き	2	2
タクトタイム	7	7
手扱い時間 合計	14秒	

改善後のプレス作業

工 程	プ レ ス		レベラー
	#1	#2	
作業要素			
取 り	1	—	0.5
位置合わせセット	2	1	
スイッチを押す	0.5	0.5	
置 き	1	0.5	1
工程ごと手扱い時間	4.5	2	1.5
手扱い時間 合計	8秒		

Operation of 4 men stuck to facilities
 → one-man operation in **U-shape line**
 (invested in conveyer)

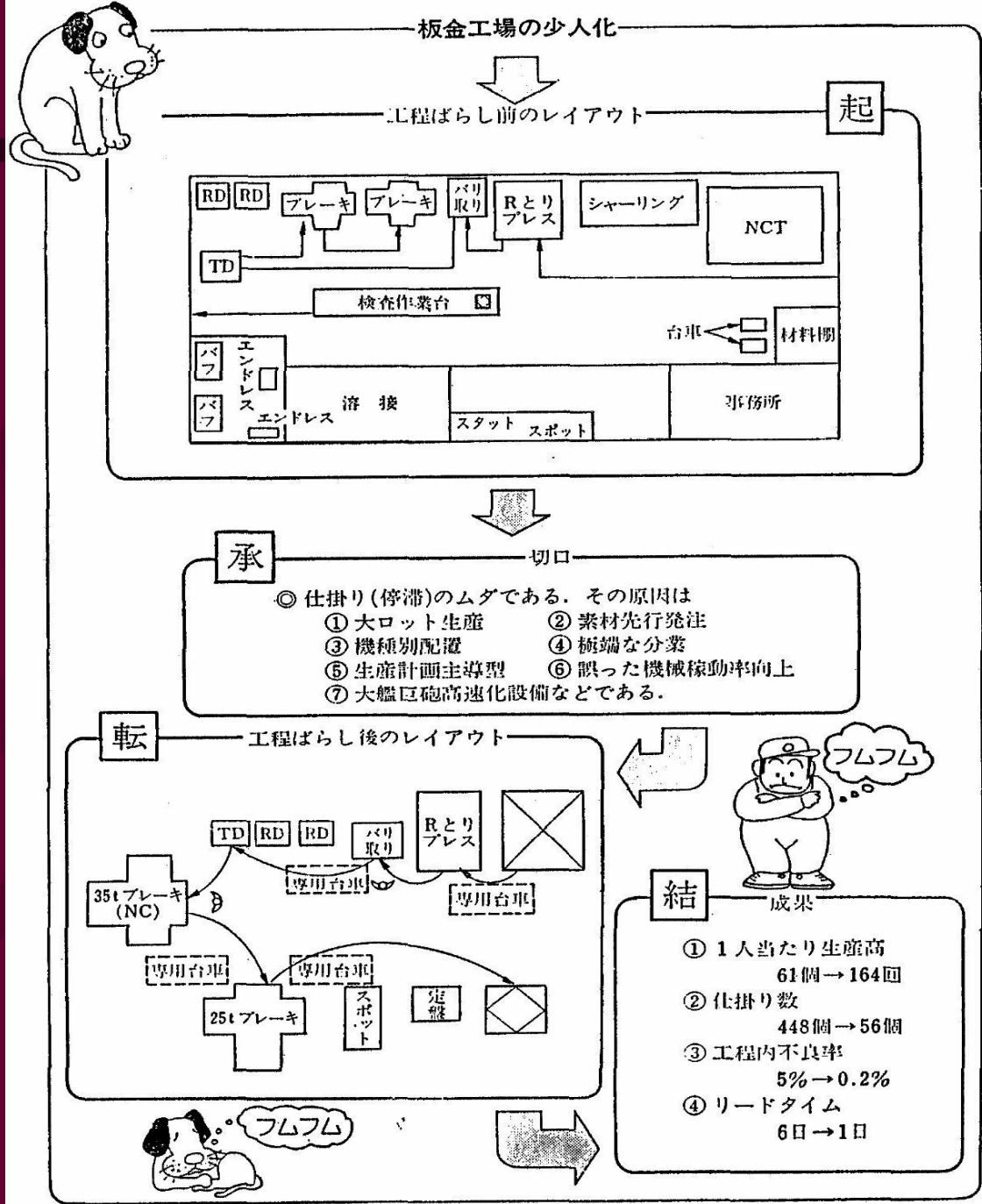
Case of Work Improvement

Reorganization (breaking down of operation) of by-function layout

Alteration to U-shape line

Productivity ↑
In-process inventory ↓
Defect rate in process ↓
Production lead time ↓

Kenichi Sekine, Sumio Iwasaki, Keisuke Arai
'Assembly Number of Men 1/2 Making'
THE NIKKAN KOGYO SHIMBUN,LTD. 1988



Productivity and Net Working Time

(Density Approach and Speed Approach)

	(Work time productivity)	(Speed of information transcription)	(Density of information transcription)
	Total actual work hours per day	Total net work hours per day	Total net work hours per day
Man-hour requirement per unit	$= \frac{\text{Total actual work hours per day}}{\text{Production units per day}}$	$= \frac{\text{Total net work hours per day}}{\text{Production units per day}}$	$\div \frac{\text{Total net work hours per day}}{\text{Total actual work hours per day}}$
		$= \text{Gross net work hours per unit}$	$\div \text{Rate of average net work hours}$

Just in Time (JIT) and Problem Manifestation

JIT = reduction of in-process inventory

(produce whatever necessary at whenever necessary as much as necessary)

Its aims are:

- (1) **Save inventory cost** (interests, etc.) ---- elementary class
- (2) **Expose production problem** (waste) ---- middle class
- (3) **Enforce problem consciousness throughout company** ---- high class

No way out (system to make wastes surface)

Firstly process improvement (initiate a flow)

→ Next, improvement of each work

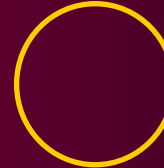
Requirements 480 units/day , 8H/day operation

If inventory is zero

Welding (24 spots)



8 spots
each



40'' cycle

20'' idling (waiting)

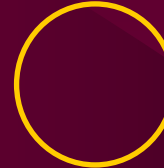
5 seconds/spots' speed

60''

After improvement



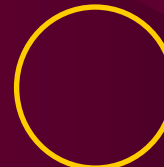
12 spots
each



60'' cycle

60''

However



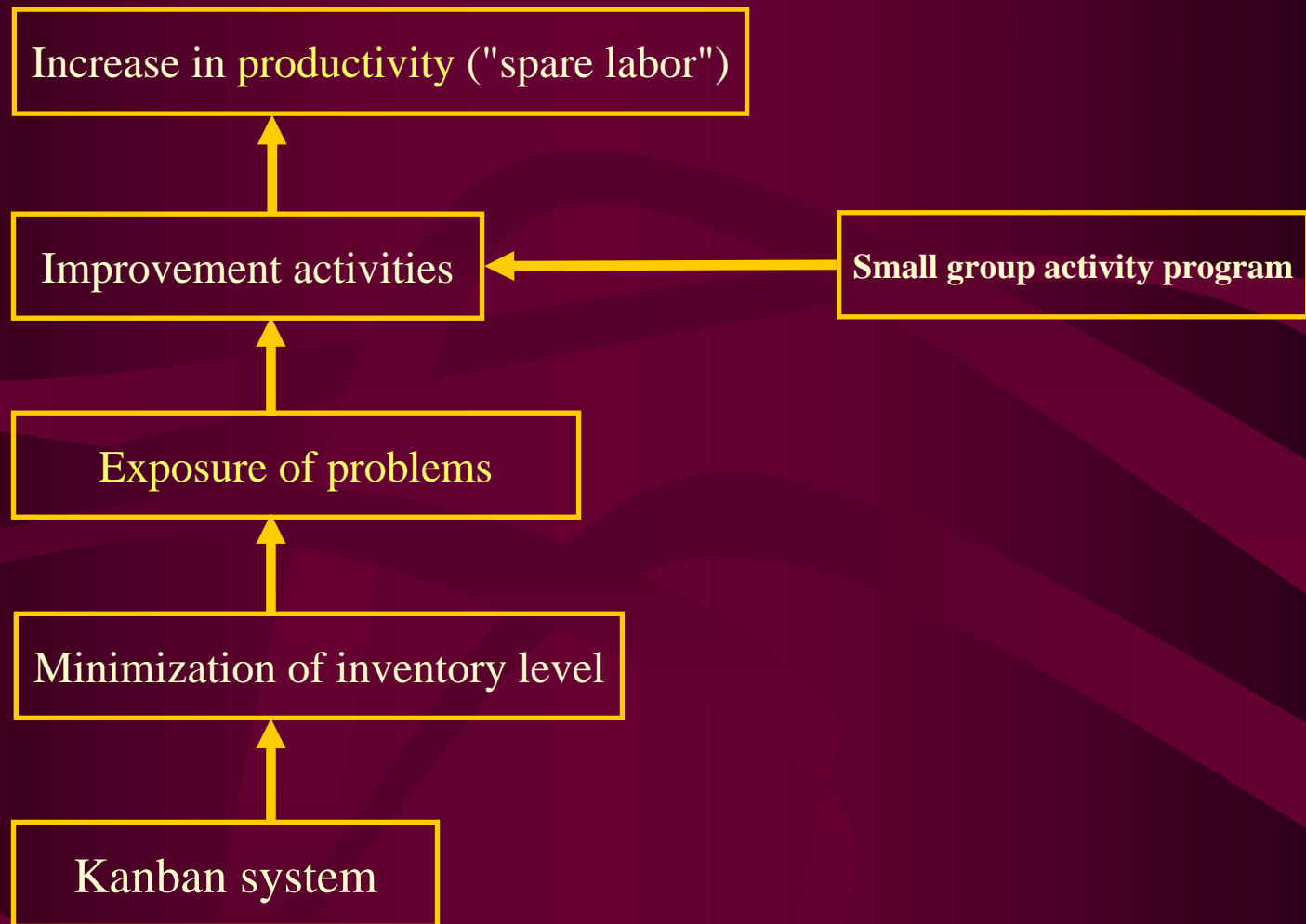
inventory increases

40'' cycle
no idling

increases by 30 units per hour
 $(360 \div 40) - (360 \div 60) = 30$

Improvement not progressing !

Relationship Between Kanban System and Productivity Increase



Productivity Increase by Multi-Skilled Worker and Sparing Worker

Multi-skill training

= potential capability to handle variety of works in work place

Multi-task assignment

= actually diversify jobs within one cycle

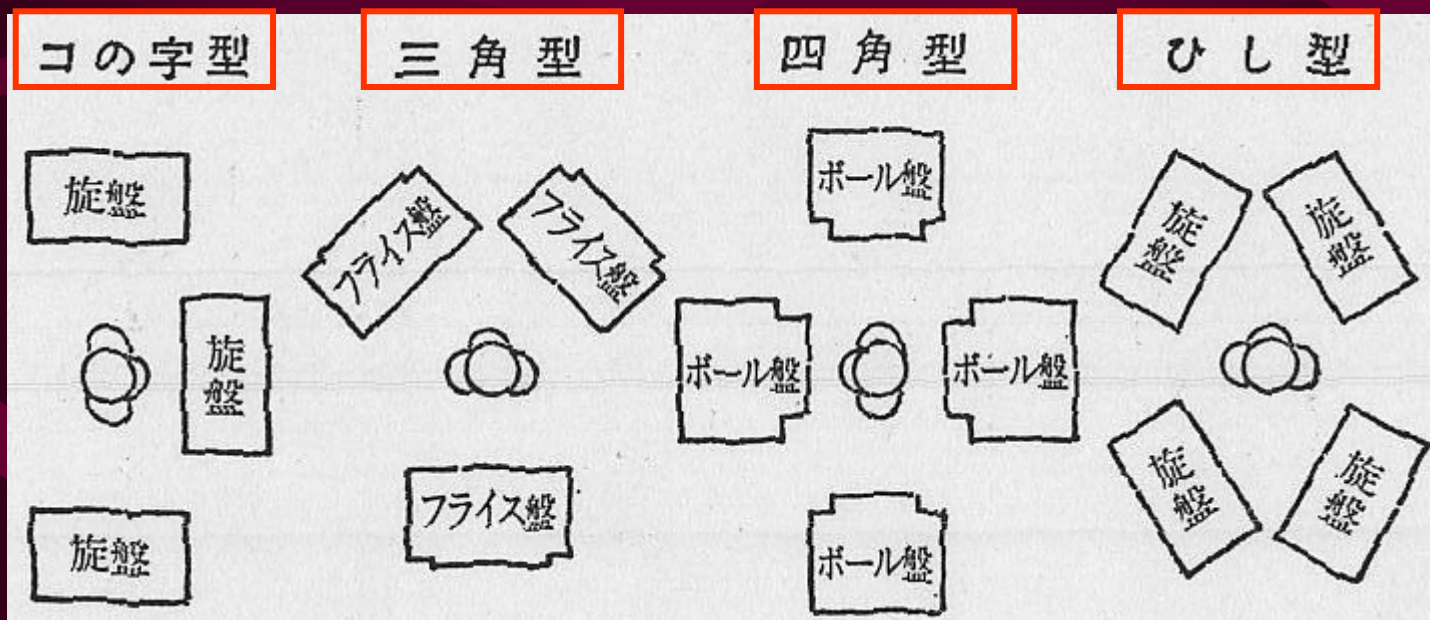
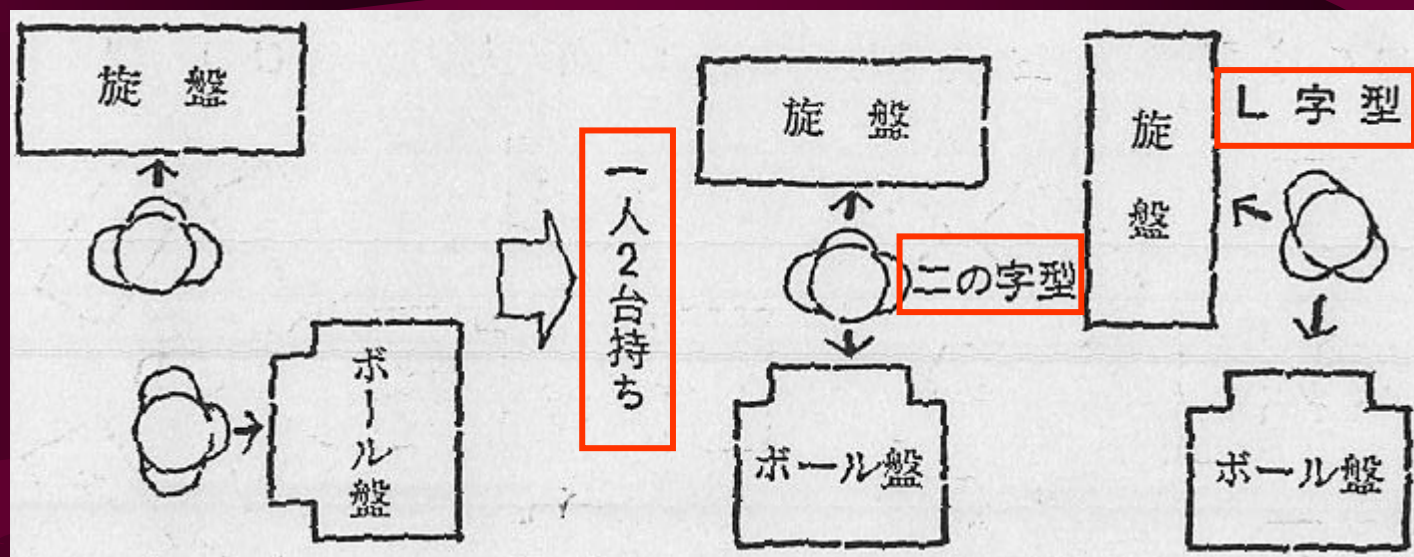
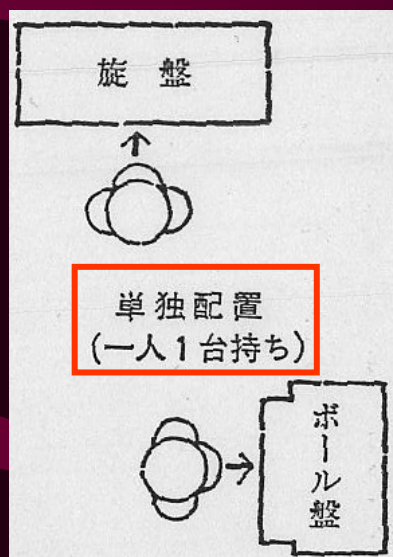
Spare Labor

= decrease workers by one-person unit, and increase productivity

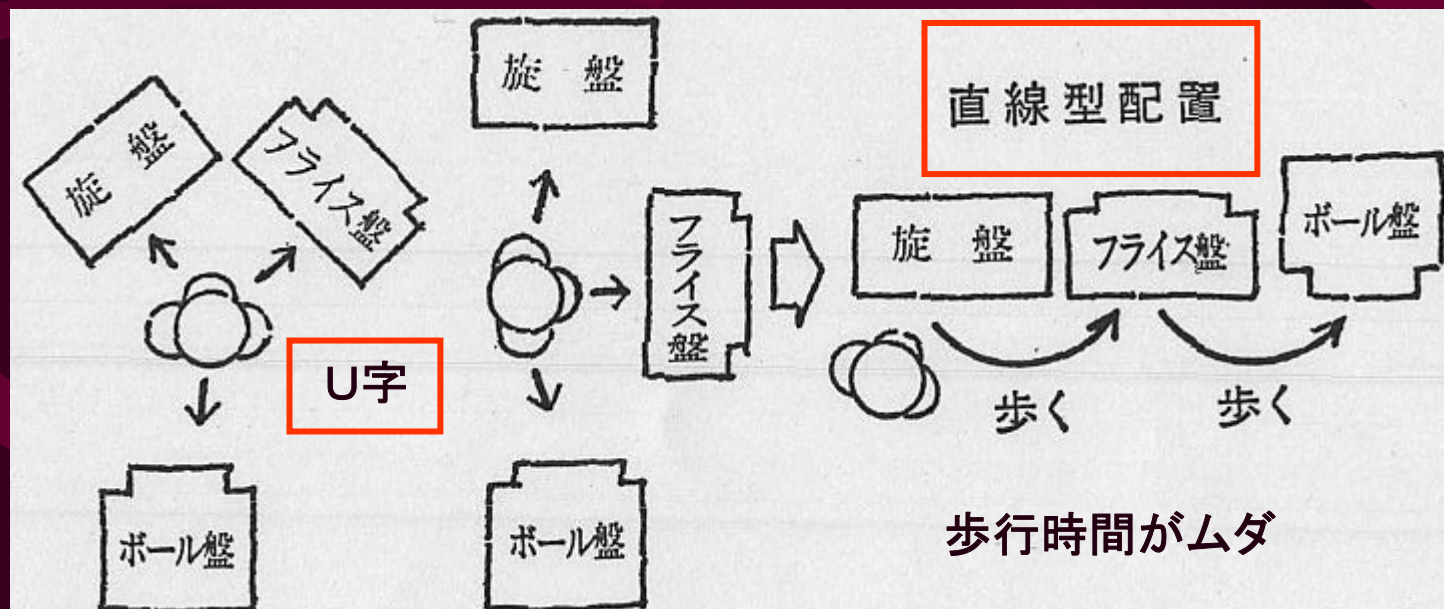
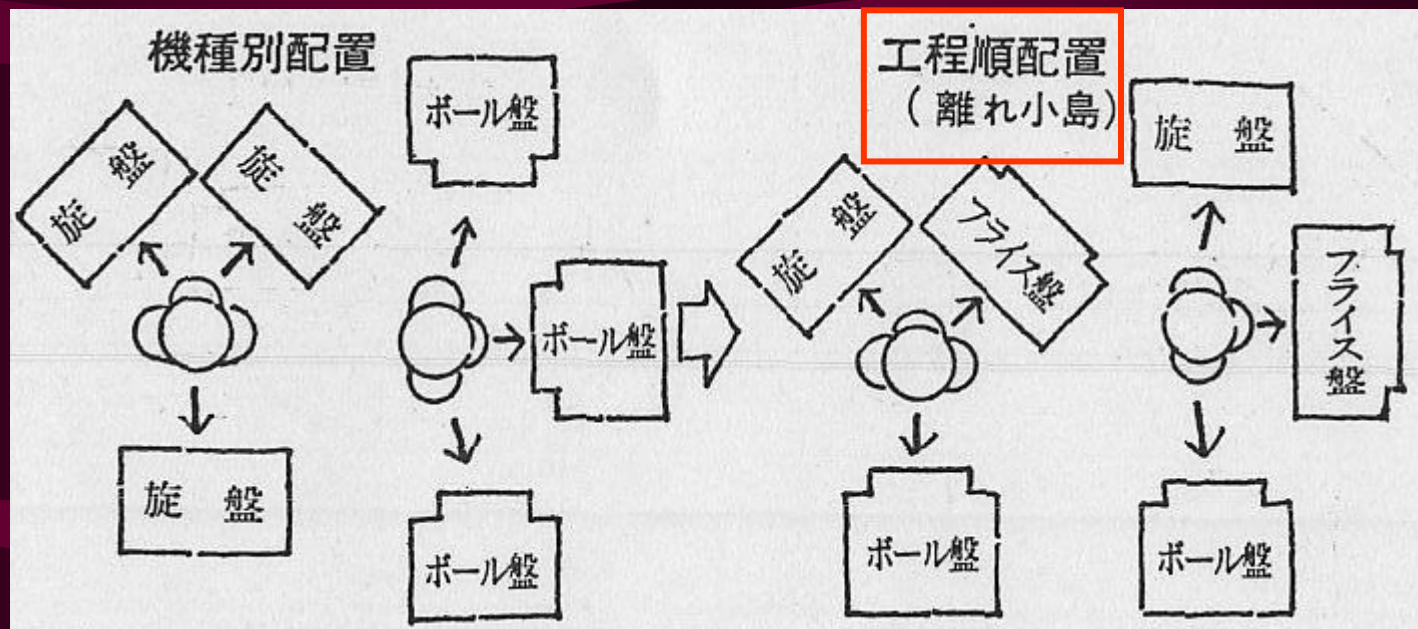
Less Labor

= fluctuate number of workers as per ups and downs of production volume

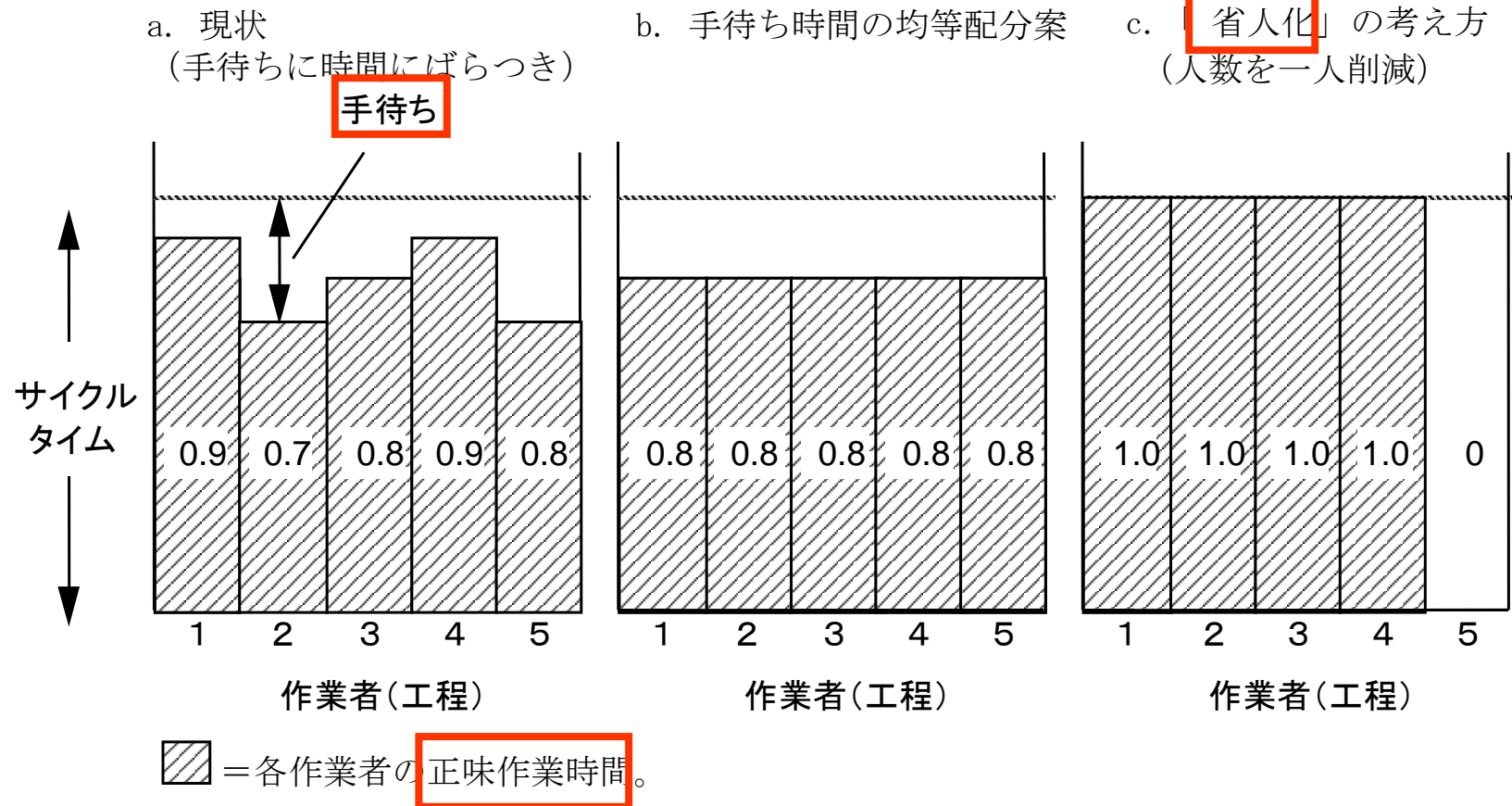
Example of Multi-Table Assignment



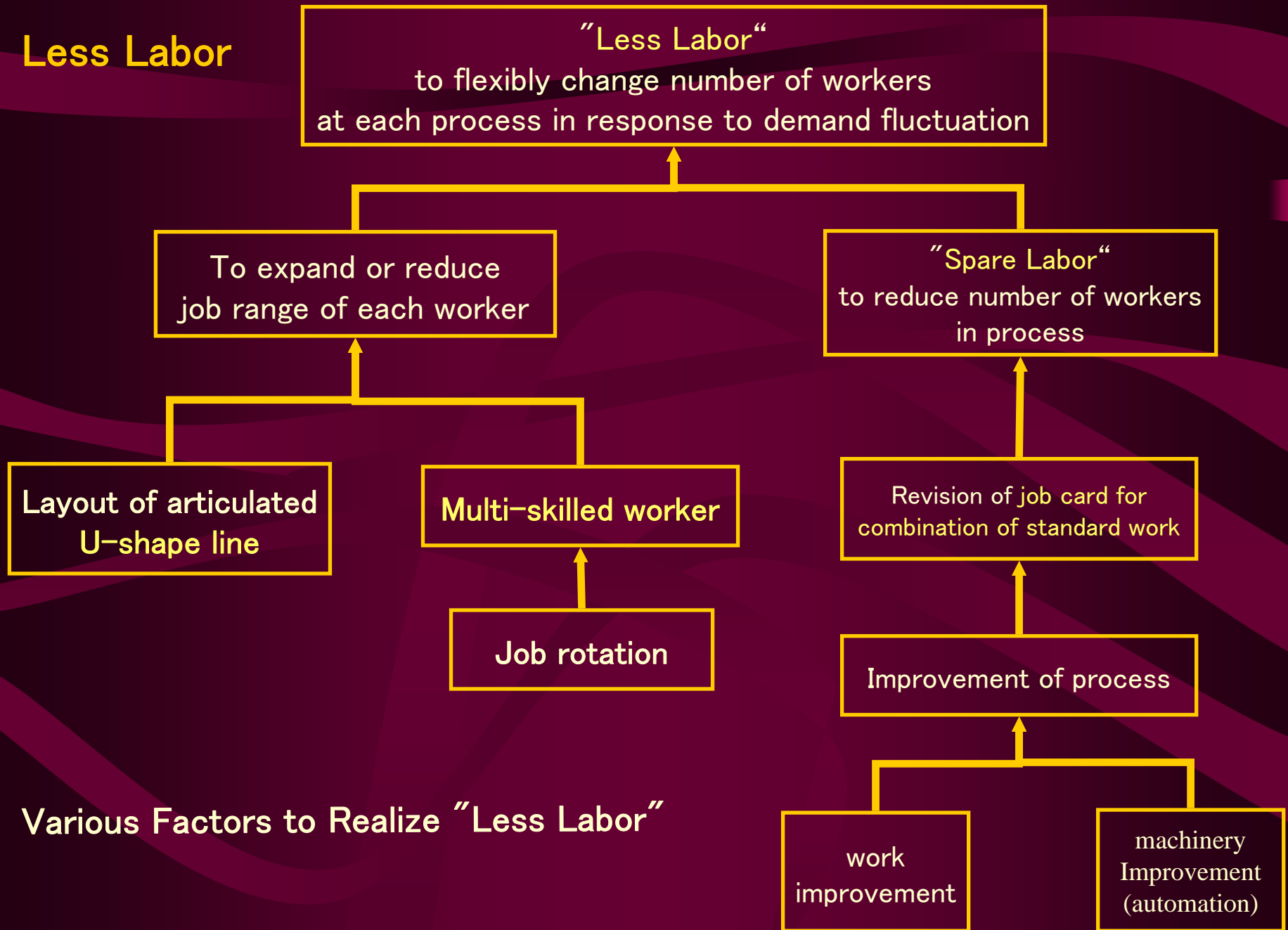
Example of Multi-Table/Task Assignment



Idea of “Spare Labor” (Example of Machine Process Line)



Less Labor



Various Factors to Realize "Less Labor"

Labor Density and Labor Intensity

Intensity of labor:

Does it constitute labor intensity to advance the rate of net working time (productivity increase) accounting in actual working hours?

“Elimination of waste, irregularity, unreasonableness”

----- eliminate wastes, but no chance of unreasonable work design?

Things must be confirmed “at actual site, and with actual stuff”