

lot 生産における line balancing 及びその特性について

工 藤 市兵衛 松 広 尚 佳

On the Line Balancing in the Lot Repeatitive Manufacturing
and the Special Characters,

Ichibei KUDO, Naoyoshi MATSUHIRO

The line balancing in continuous manufacturing is now widely applied and is of use elevation of productivity.

The technique of this line balancing originate in a thesis for a master of Benjamin and Bryton in 1954, and the present a study from various angles was gone through many hardships.

But a study of the ljne balancing in the lot repeatitive manufacturing does not been studied so much.

So I have investigated and have made an analysis as to a special character of the lot repeatitive manufacturing, and have done some investigation about technique of the line balancing in the lot repeatitive manufacturing that used a special charactor of it.

The factor in the lot repeatitive manufacturing, however, have great, but as to this study state at a point of view of some part.

Hereafter I intend to investigate it from all angles.

緒 論

最近中小企業（特に小規模）において、設備投資に次ぐ設備投資で増進的に工場を拡張している企業をよくみうける。これは、受注が増加すれば、それに match した生産能力が要求され、設備の拡張が当然必要となるからである。この場合、ただ単に生産数量の全う出きない分だけ、拡張された場所で新しい設備で生産個数を補足するといった具合に、相関するものが全くといていないほどない。勿論別製品で作業自体が相関しない場合はこれでも良いかも知れないが、大体の場合は、同じ製品の部品を lot 毎にその新しい工程に流していく。従って、止むなく lot 生産方式を用いる場合も少なくない。

勿論この方式が良い場合もある。そこで、この実例をとりあげ lot 毎の line balance の状態、又 lot 生産を変動させる要因などについて究明し、作業改善などによって、lot 生産より連続生産の方がより効率的で生産性を向上させることができるといった lot 生産から連続生産に転換する一目安、そして lot 生産の特性を利用した line balancing の手法について論究する。

分析及び検討

某工場におけるA line及びB line の実情を調査した結果、製品により多少の変動はみうけられるが、大体次の通りである。

表 一 1 Aline 標準時間

工 程 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
各工程の標準時間 (一コ当り, 秒)	7.4	9.2	18.0	20.7	14.2	17.0	17.8	19.6	17.8	9.8
運搬時間(1回当り, 秒)	180	120	0	90	60	30	0	60	108	180

(注) 運搬時間は、各工程の作業者が次工程へ運搬し、運搬に関する手扱い時間も含む。

表 一 2 Bline 標準時間

工 程 番 号	1	2	3	4	5	6
各工程の標準時間 (1コ当り, 秒)	5.0	2.2	4.4	4.4	4.4	3.9
運搬時間(1回当り,秒)	120	30	0	0	0	60

A line での unbalance 率を求めてみると

$$Pub = \left(\frac{10 \times 20.7 \times N + 900}{146.5 \times N + 828} - 1 \right) \times 100 (\%)$$

但し N; lot size, neck 工程は 4 工程

この場合 N=300^個であるので

$$Pub = 41(\%)$$

同様に B line での unbalance 率を求めてみる

表 一 3 改善後の A line

工 程 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
各工程の標準時間 (1コ当り, 秒)	5.4	9.2	18.0	18.7	14.2	17.2	17.8	18.3	11.5	9.8
運搬時間(1回当り,秒)	150	210	0	0	60	30	0	0	108	240

表 一 4 改善後の B line

工 程 番 号	1	2	3	4	5	6
各工程の標準時間 (1コ当り, 秒)	3.8	2.2	3.1	3.1	3.0	3.0
運搬時間(1回当り,秒)	0	150	0	0	0	60

以上の表より,

A line の Pub = 31%

B line の Pub = 24%

になる。

表 一 5

工 程 番 号	1	2	.....	.....	n-1	n
各工程の標準時間 (1コ当り, 秒)	t ₁	t ₂	.....	.....	t _{n-1}	t _n
運 搬 時 間 (1回当り,秒)	w ₁	w ₂	.....	.....	w _{n-1}	w _n

但し neck 工程 t_j その運搬時間 w_j

と Pub = 26(%) 但し N = 1000^個, neck 工程は 1 工程となっている。

ここで、注意していただきたいのは、A line, B line の lot size は適当に定められていて何等考慮されていない数値である。又運搬時間については、各工程時間と比較すると、非常に高い weight を占めていることが見うけられるが、この工場においては、前述した建増しの拡張が非常に強いためである。又 A line と B line の関係は、A line で加工した一部品に対し B line で加工した部品が 2 部品必要である。

以上のことを念頭において、作業改善及び工程優位図を作成し、line balancing した結果次の様に改善された。

考察一

以上の様に line balancing されることは周知の通りであるが、lot 生産に対してこの手法が、そのまま適用されるかが問題となる。そこで前述した実例を対象にとり検討していけば、line balancing の状態が lot size の大小によって変動することが理解できる。では何故、lot size の変化によって変動するかという問題が生じる。単刀直入に言えば、それは運搬時間がその要因となっているからである。上述したことを一般的に表わせればその根拠が明瞭になる。つまり、次の様な場合

$$Pub = \frac{n \cdot (t_j + \omega_j)}{\sum_{i=1}^n (t_i + \omega_i)} - 1 \quad (\%)$$

となる。ここで、lot size を $N^{(個)}$ とすると

$$Pub = \frac{N \cdot n t_j + n \omega_j}{N \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n \omega_i} - 1 \quad (\%)$$

今、 $N \rightarrow \infty$ (実際には不可能である) とすれば

$$Pub = \frac{n \cdot t_j}{\sum_{i=1}^n t_i} - 1 \quad (\%)$$

に収束し、運搬時間が無視されることになる。逆にいえば、lot size が小さければ小さいほど、運搬時間によ

って unbalance 率が左右されることになる。

以上の様に、lot 生産においては、いままでの手法だけでなく、lot size と運搬時間も充分考慮しなければならないことが理解出来る。

この考察とは関係ないが、この工場においては、運搬時間が大きな weight を占めている。このことは前述した通り建増的拡張のみであって、何らその必要性を生じていない。つまり、1 cycle time が非常に短いこと、そして layout改善がそれほど困難でない。(単に機械の移動のみで、移動費用はさほど必要でない。) 又製品自体機械的配置を採らなくてもよいこと等を考慮すれば、lot 生産より連続生産の方が、生産性向上について、より効率的であることを添加しておく。

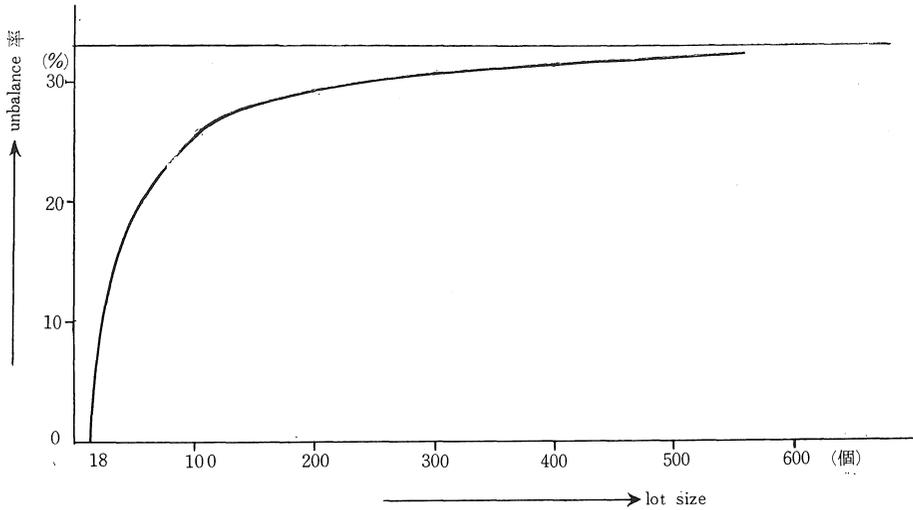


図-1 A line の lot size と unbalance 率の関係!

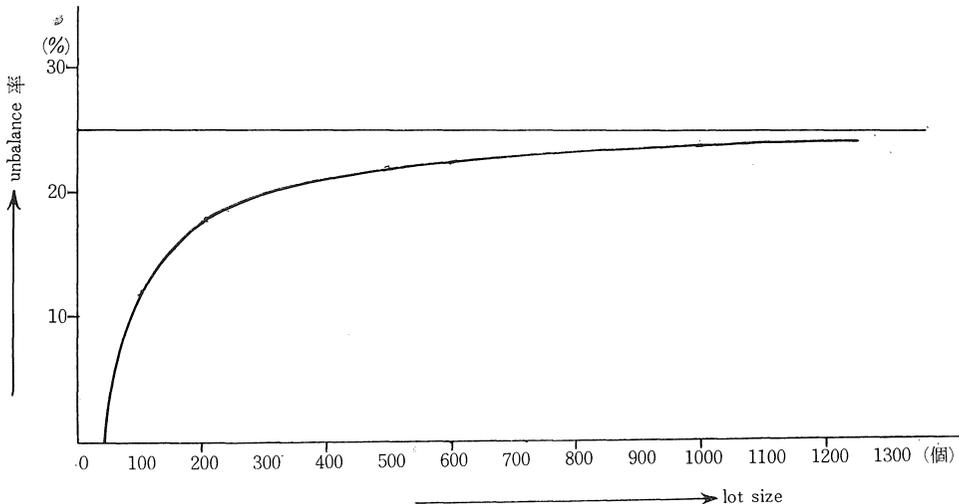


図-2 B line の lot size と unbalance 率の関係

考察—2

今、A line と B line のそれぞれの lot size と unbalance 率との関係を graph 化してみると

この図より line balance が完全にとれた場合（すなわち、unbalance 率=0）の lot size はそれぞれ次の様になる。

$$A \text{ line の場合} \\ N_A = \frac{\sum \omega_i - n \omega_j}{n t_j - \sum t_i} \approx 18 \text{ (個)}$$

$$B \text{ line の場合} \\ N_B \approx 46 \text{ (個)}$$

又、lot size N を ∞ にする（つまり運搬時間 $\rightarrow \infty$ ）

$$P_{Aub} = 33\%$$

$$P_{Bub} = 25\%$$

という様になる。

以上のことは、unbalance 率が低ければ低いほど（工程の不均衡は正がなされること）生産性が向上するの

表—6

工程番号 (A line 共通 / B line 共通)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A line の損失時間 (1コ当り, 秒)	13.3	9.5	0.7	0	4.5	1.5	0.9	0.4	7.2	8.9
B line の標準時間 (2コ当り, 秒)	7.6	4.4	6.2	6.2	6.0	6.0				

表—6 A line の損失時間とB lineの工程時間

人数の制約条件等があるが、一応両 line とも neck 工程については、専業者をおく。つまり、B line の2工程から6工程までを A line の作業者が掛けもつことになる。当然 A line の損失時間の大きいものから5つが、対象となる。そこで、

A line の lot size; N_A

B line の lot size; N_B

とすると、B line の neck 工程の時間は7.6(秒)であるので、A lineの損失時間との関係は次の様になる。

$$7.6 \times N_B = 13.3 \times N_A \quad N_B = 1.6 \times N_A \quad \text{①}$$

$$7.6 \times N_B = 9.5 \times N_A \quad N_B = 1.3 \times N_A \quad \text{②}$$

$$7.6 \times N_B = 8.9 \times N_A \text{ となり } N_B = 1.2 \times N_A \quad \text{③}$$

$$7.6 \times N_B = 7.2 \times N_A \quad N_B = N_A \quad \text{④}$$

$$7.6 \times N_B = 4.5 \times N_A \quad N_B = 0.6 \times N_A \quad \text{⑤}$$

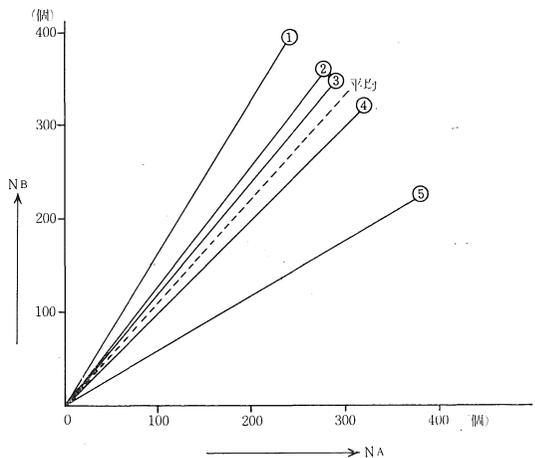
この関係を graph 化すると次の様になる。

ではなく、各工程の作業者に対する労働負荷が均等に配分されることを意味するのである。これによって、労働条件がある程度均等化され、不平不満を解消し、morale (士気) の向上に結びつく一要因とみることができる。これが、連続生産に比しての lot 生産における line balancing の特徴とみなされるであろう。

考察—3

考察—1, —2で論じてきたことは、その lineのみで、それ自体の balance を考慮してきた訳であるが、今一つ他 lineとの関係を考えて、line balancing する考え方が生じる。この考え方も lot 生産なくして考えられる問題でない。つまり、実例をもって示した A line で作業している人が、B line の1工程を掛け持って行なう方法である。これによれば、当然制約条件が付き、生産性向上を考えた場合、困難性が増すが、lot size 及び line balancing の観点に立脚すれば、有効な手法が考えられる。

このことを、実例をもってその方法を論ずる。まず第1に、A lineの損失時間を算出しB lineの工程時間を対比させると、次の表の如くなる。



図—3 N_A と N_B の関係

もし、現在の B lineの neck工程を不動と考えると、図—3の(1)の直線より上の部分ということになるが、こ

の場合、unbalance 率は高くなり、余り好ましくない。従って、unbalance 率を最小にするため、各直線の傾きの平均をとる。つまり

$$(1.6+1.3+1.2+1.0+0.6) / 5 = 1.14$$

の傾きをもつ直線が、最小となる。

この実例においては、前述した通り、A部品1個当りB部品2個必要である。従って、A line の生産個数とB line の生産個数とが、等しいことが望ましいわけである。今回の場合は、0.14の相違があるが比較的 $N_A = N_B$ で unbalance 率が低い。そこで、この直線を基線と考え、lot size を求めるのが適当である。

以上の様に、一般的に解決するためには、直線の傾きの平均をとり、その傾きをもつ直線を基礎と考え、lot size を求めるのが最適となる。

尚、この手法については、生産個数を達成するための考え方でなく、生産性向上のみにとどまることを添加する。もし、今一つ同じ line を増設することが出来得るなら、生産性も向上し、生産個数もより以上に達成することができる。

結 論

考察—1において、lot 生産の場合の unbalance 率の算出及びこれを左右する要因について論じ、考察—2においては、unbalance 率と生産性向上についての意義について述べた。そして考察—3においては、他lineとの掛け持ちを行ない、unbalance 率を減減させるような lot size を決定する手法について、それぞれ具体的例をもって論じた。以上の3考察によって、lot 生産の特性を論究し、最適 lot size を求め、完全な line balance 及び連続生産への転換の一目安について、研究を重ねてきた訳であるが、実際においてはlot 生産の一部のみにとどまった。今後も、このlot 生産の特性についていろいろな観点に立脚し、分析検討を行ない、より完全な lot 生産方式を確立させていきたい。