

操業シミュレーションによる フローショップ型工場の設備仕様 の検討

安田 秀一・家長 吉行・徳山 博于・金子 友次

1. はじめに

工場の設備設計において、ライン数、仕掛置場容量、等の算定は、従来、静的解析にもとづいて行なわれることが多かった。すなわち、いくつかの代表品種を想定して、各品種ごとに各設備の処理能力を求め、各設備間の負荷バランス計算を行なった結果にたいし、さらに過去の類似設備で得られた経験と勘による安全率を見込んで決定していた。しかしこのような方法では、多品種少量生産のように、時間とともに状況の変化する混物流にたいして、どの工程が、どのような状況でネックとなりどの程度の仕掛が発生するか、等について正確な予想ができないため、過剰設計となったり、能力不足という問題が発生することもあった。

これらの問題点を解明するには、動的解析が有効である。すなわち、工場内の各設備をモデル化し、実操業と同様の注文・材料データを用いたダイナミックな物流シミュレーションを、種々の設備・操業条件にたいして実行し、検討比較する。そのさい、特に重要なのは、単に生産量、平均稼働率、平均待ち時間、最大仕掛量のような総括結果のみ検討するのではなく、操業の動的挙動、たとえば仕掛の急増現象などにたいしてメスを入れ、その因果関係を究明することである。

ところで、一般にこの種の物流シミュレーションにはGPSS等の汎用シミュレーション言語が使用されることが多い[1][2]。これらを用いると作成が容易ではあるが、反面、

- 処理速度が遅い

やすだ ひでかず

住友金属工業㈱ 制御技術センター制御OR部

いえなが よしゆき、とくやま ひろゆき、かねこ ともつぐ 住友金属工業㈱

- 動的挙動解明を容易にする各種時系列推移グラフ等の作成機能が不足

• 実操業での種々の制約条件の組込みが困難等の問題がある。そこで、今回当社の新工場設立にさいし、その設備仕様検討用の操業シミュレータを開発し、多数のケーススタディー試行のもとに、精度の高い設備設計を行なうことができたので、以下に報告する。

2. 問題概要

対象となったのは継ぎ目無鋼管製管工場である。本工場は図1の製造工程からなる典型的なフローショップ型工場であるが、物流管理のロット単位が図2のように工程ごとに異なっている。

まず受注した注文は、材質・サイズにより集約され、若干の余剰を付加した圧延ロットとして材料請求される。この請求にもとづき素材となる円柱状の鋼片(ビレット)が、バッチ処理で製造される(バッチの単位をチャージと呼ぶ)。そして圧延工程ではこれらビレットを圧延ロットごとに成形し、パイプに加工する。次にこれらのパイプは同一チャージを一群とする製管ロットに分割され、精整工程にて所定の長さに切断後、検査が行なわれる。検査で不合格となったものは手入れを行ない、一部は良品となる。しかし、それでも不合格となったものは余剰となり、その量が計画余剰より多い場合は、注文にたいする不足分について追加生産すべく指令(再ロール請求)が出される。いっぽう、良品にたいしては注文への振当を行ない、梱包工程にて梱包単位に結束され、出荷される。なお社内向の一部の成品については、途中工程からただちに出荷されるものもある。

ところで、この工場設計では、図3に示す検討課題があった。この中で特に重要課題となったのは、当社ではじめて導入する自動倉庫(写真1)をどこに設置し、どのようなライン構成とすれば、能率の異なる各工程間での

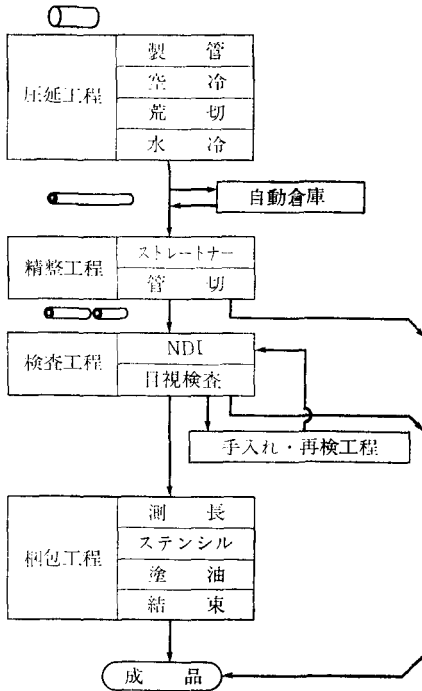


図1 継目無管熱間製造工程フロー

バランスのとれた円滑な物流を実現しうるか、であった。

3. 操業シミュレータ

3.1 概要

上記課題検討のために、図4に示すデータを入力として、時々刻々の物流シミュレーションを行ない、その結果である各種統計量や時系列図を出力できる操業シミュレータを開発した。

本シミュレータは、event-to-event方式の離散型シ

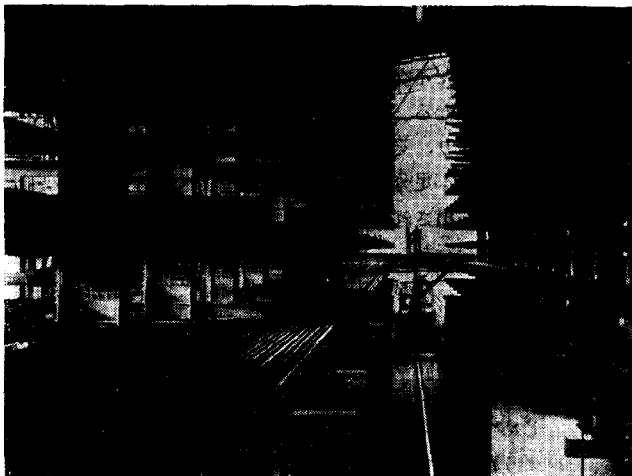


写真1

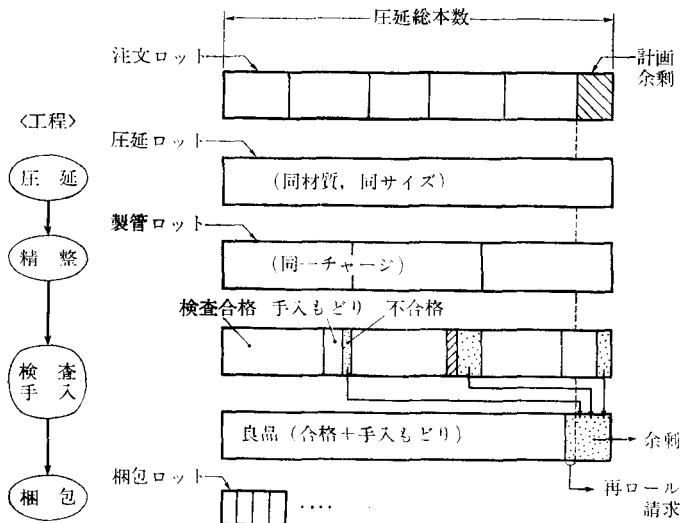


図2 各工程でのロット単位と不合格品の発生

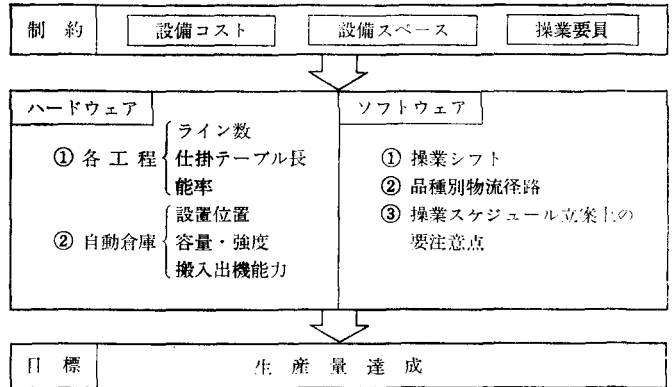


図3 検討課題

ミュレータであり、図5に示すように、各工程に対応した仕掛キューと処理プログラム群から構成される。図中、中抜き矢印は、各工程処理の結果として発生する次の処理要求を示しており、これら処理要求はイベントキューに登録されたあと、スーパーバイザーの制御のもとに、指定された時刻順に実行される。

本シミュレータの特徴を以下に示す。

- ①各工程での物流管理に応じたロットの分割化
- ②注文への成品振当
- ③任意の確率分布にしたがう乱数による手入品・不合格品の自動発生と、注分量にたいする不足分の再ロール請求ロットの自動生成(圧延スケジュールに追加挿入)

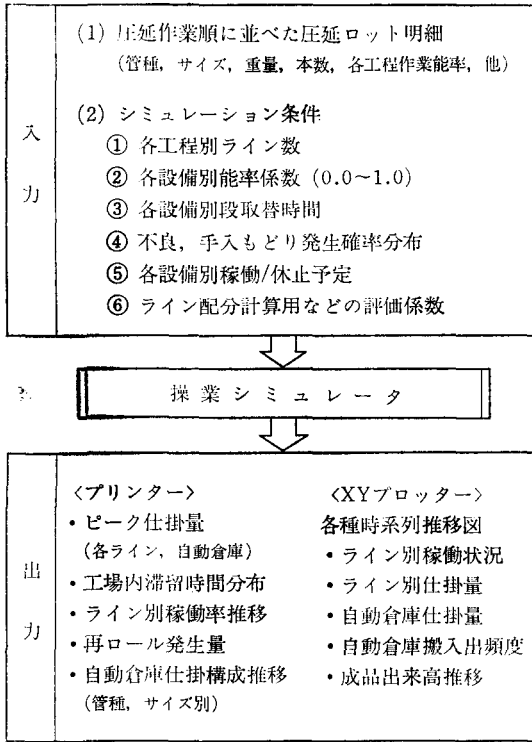


図4 操業シミュレータの概要

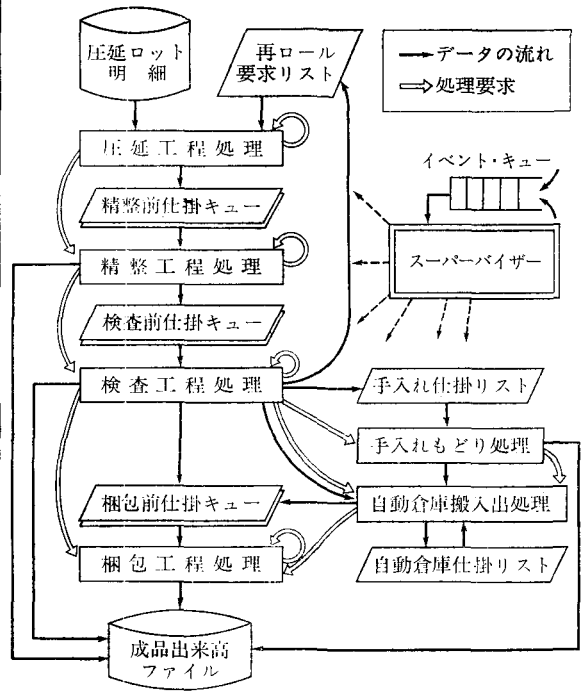


図5 操業シミュレータの構成

- ④複数ラインの工程での最適ライン振分け
- ⑤自動倉庫へのパレット単位(製管ロットの分割化)での搬入/直送の判断と、搬入出管理
- ⑥設備レイアウト変更への柔軟な対応
- ⑦高速処理
- ⑧仕掛推移等各種時系列図の自動作図

3.2 各工程のロジック処理 (図6)

スーパーバイザーにより起動された各工程処理では、

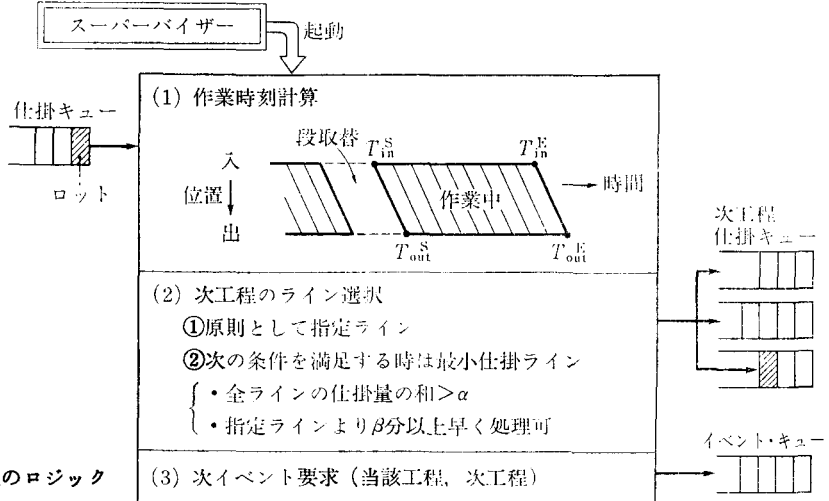


図6 各工程処理のロジック

まず仕掛キューの先頭の1ロットをとり出し、一般に以下の3処理を行なう。

(1) 作業時刻の計算

1つの工程はいくつかの設備より構成されている。そこで1工程全体をマクロ的にとらえ、1本の材料についての第1番目の設備から最後の設備までの通過所要時間、および最も能率の低い設備での1ロットの総作業時間をもとに、図6のような平行四辺形となる作業時間を

図 7 設備レイアウト検討例

要するとみなす。

(2) 次工程のライン選択

1つの工程には複数のラインがあり、各ロットの製造仕様により、

- ①特定のラインでのみ作業可能
- ②どのラインでも作業可能
- ③どのラインでも作業可能であるが、コスト、

能率、品質上、あるラインのほうが望ましい等の場合がある。そこで、ライン間の負荷平準化をはかるべく、図中の基準を用いて各ロットの次工程送り先のラインを決定する。

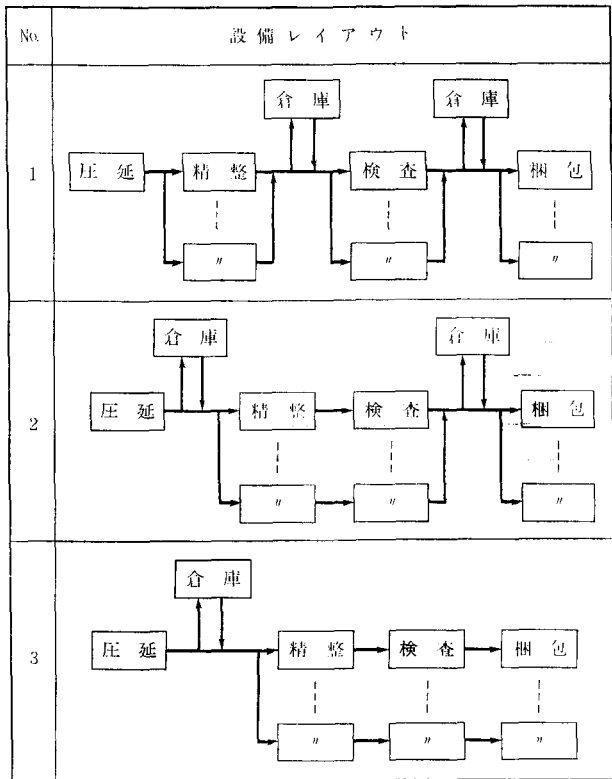
(3) 次イベント要求

当該工程については、現ロットの作業完了時刻(T_{in}^E)に、また次工程については、現ロットの先頭の次工程到着時刻(T_{out}^S)に、次回の工程処理を行なえるよう処理要求を出す。

4. シミュレーション結果

今回の設備検討では、図7のような各種設備レイアウトを想定して物流シミュレーションを行なった。その結果例を図8、図9、表1に示す。

図8は、No.1のレイアウトでの各工程前仕掛量の時系列推移図である。図中の自動倉庫は検査工程直後のほうの仕掛量を示している。この図では、検査工程の前後で仕掛量のピークの出力にかなり差があるが、これは自動倉庫の一部を注文振当のための材料集積場に使用しているためであると推測される。すなわち、検査工程の処理量が増大すると、検査で不合格のために材料不足とな



るロットも多く発生し、それらは再ロール品が充当されるまで自動倉庫内で待機させられるからである。

図9は、No.2のレイアウトにおける精整工程前の自動倉庫の仕掛量推移と圧延工程での段取(パイプの外径)推移の関係を示している。小径材が集中して圧延されると仕掛量は増大し、大径材を圧延すると減少する傾向がある。したがって自動倉庫容量を小さくするためには、

小径材の圧延を分散化するように圧延計画を工夫する必要がある。また自動倉庫の強度設計に必要な仕掛重量ピークは、本数ピークと異なるタイミングで発生することも判明した。

表1は、各工程のライン数、自動倉庫の位置、圧延計画を変えた5ケースについて、自動倉庫の最大総仕掛量を比較次討した例である。ただしケース1~4では、白抜きの部分が検査工程前の自動倉庫の仕掛量を表わしている。ケース1では仕掛量

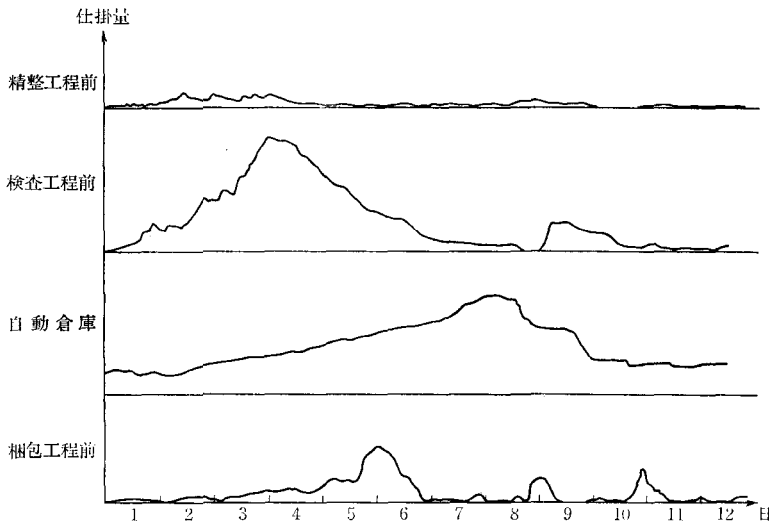
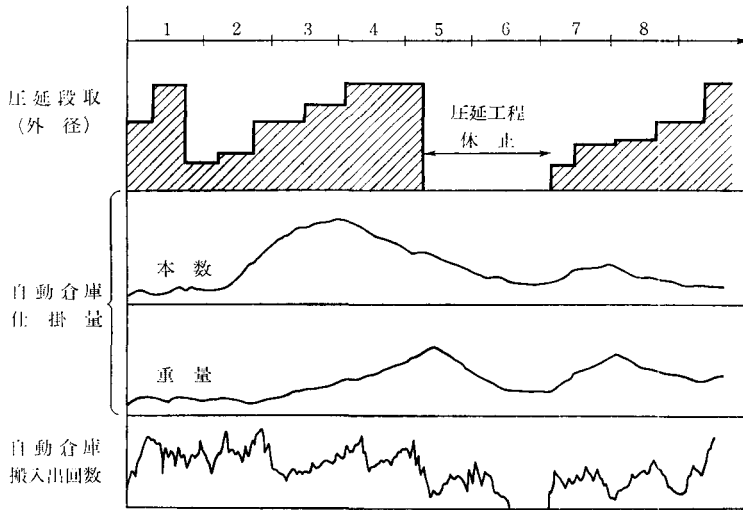


図 8 シミュレーション結果例(1)

図9 シミュレーション結果例(2)



究明を容易化することが重要である。しかし、このような要求を満たす汎用的ツールはまだほとんどない。そこで今回フローショップ型工場の設備検討のための物流シミュレータを開発した。本プログラム(表2)は FORTRAN で書かれており、1カ月分のシミュレーションを数分で実行できるので多くのケーススタディを実施することができた。

これをもちいることにより、設備設計の最適化だけでなく、静的解析では得られない操業方法に関する多くの有用な知見も得ることができた。

参考文献

- [1] 船生豊, 他: 中径シームレス鋼管精整工場の物流制御システム, 川崎製鉄技報, Vol.15, No.4 (1983), 48-55
- [2] 重本明: 工程間シミュレーション, 鉄鋼のIE, Vol.20, No.1 (1983)

が膨大であったが、ケース5のように、圧延計画を改善し、自動倉庫を精整工程前に設置して物流制御を行なうことにより、少ないライン数でしかも円滑な物流を実現することが可能となることがわかった。

5. むすび

多品種少量生産での操業実態解明には、物流シミュレーションによる動的解析が有効かつ不可欠である。しかもシミュレーション結果をグラフ化して問題点の把握・

表1 ケーススタディー結果例

ケース	ライン数			自動倉庫位置	圧延スケジュール	自動倉庫仕掛量 (検査前)
	精整	検査	梱包			
1	N_1+1	N_2+2	N_3	検査前 および 梱包前	従来どおり	
2	N_1+1	N_2+3	N_3+1			
3	N_1+1	N_2+1	N_3			
4	N_1+1	N_2	N_3+1			
5	N_1	N_2	N_3	精整前		

表2 プログラム仕様

サイズ	シミュレータ 作 図	約1300ステップ (80kW) 約2000ステップ
開発工数		3人・月
計算時間 (UNIVAC 1106)		約6分 (3000ロット)