物流センターにおける要員配置に関する考察

―シミュレーションによる適正な要員配置計画の試み―

末松　孝司

1．研究の背景・目的

昨今，物流センターでは取扱い商品の多品種少量化・リードタイムの短縮等，業務の徹底的な効率化が求められている．その効率化を支援すべく，情報処理や設備機器の技術進歩もめざましい．しかしながら，この変化に対して現場で実際に従事している要員の作業構成・配置・能力を的確に把握せずして，適正な工程計画・管理は難しい．

そこで本考察ではPC版汎用シミュレータ＊を使い，施設（入出庫バース）と設備（コンベア等）の動きに加え，観測データをもとにした作業要員の行動をシミュレーションモデルによって再現・検証して，適正な要員配置での工程管理計画をたてる方法について模索した．

本考察の目的は以下のとおりである．

・作業を標準化した要員行動モデルの構築

・条件変更（人数，能力，作業フロー）に伴う工程管理の予測

2．対象施設概要

2.1　施設・設備概要（図1参照）

・施設は入荷，仕分け，出荷エリアより構成される．

・出荷シュートは，左右それぞれ13，11ライン群（1ライン4～5店舗兼用）に分かれる．

・シュートでの滞留，スキャナー読取りエラーで荷はオーバーフローラインへ流れる．

2.2　要員シフト概要(本考察では，出荷業務のみを対象)

・出荷業務は，シュートからの荷を台車に仮置きする

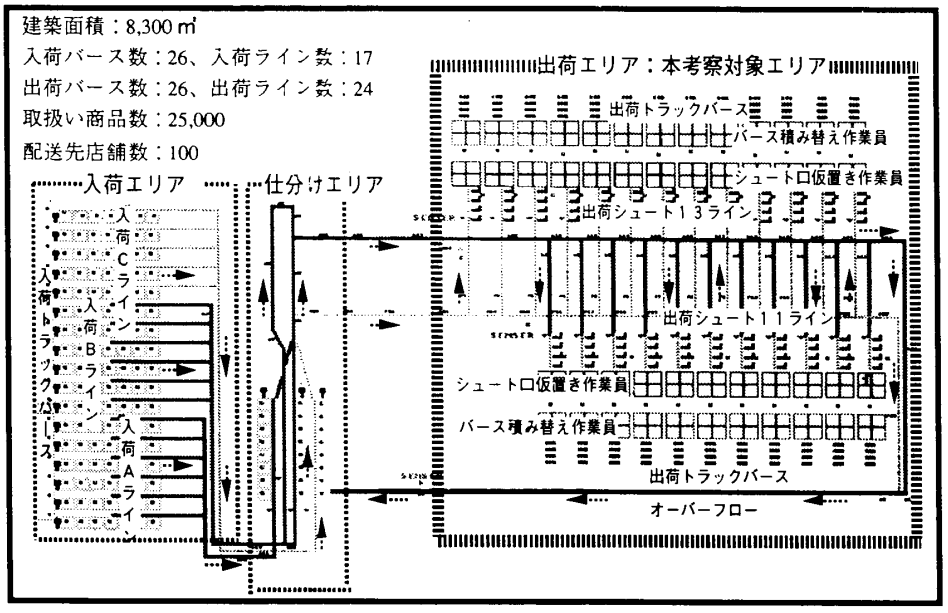

図1　全体モデル

すえまつ　たかし　㈱東急総合研究所
〒107 港区赤坂1-1-14

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

作業員（上図：内側四角部分）と，バースにて配送用の台車に積み替える作業員(上図：外側四角部分)とで構成される．

・作業員は3シュートまたは3バースに2名配置される．

・作業員の交替は一斉に行い，チーム内の個人的・部分的交替はない．

3．入力データについて

物流施設全般の動きをシミュレーションモデルによって再現し，さらにその精度を上げるために，既存および調査収集するデータについてモデルの目的に応じた標準化を行った手法を示す．

3.1 設備・荷に関するデータ

設備（コンベア，センサー，スキャナー等）に関するデータ（位置・構成，長さ，速度，エラー率等）については，仕様書および一般的な経験値を採用した．荷の属性（大きさ，品番，店番）は一律とし，その到着時間と出荷時間については某月某日のスケジュールに沿って制御ルールを設定した．（詳細値省略）

3.2 作業要員に関するデータ：作業の標準化

本考察では，出荷シュートの作業員の能力如何によるオーバーフロー率の変化を主目的に置いた．人間の行動・能力をモデルで忠実に再現することは，非常に困難である．ここでは，現況を忠実に再現するのではなく，平均的な要員の作業パターンを把握して，所要時間の平均・分散により能力レベルの設定を行った．

実際の調査・標準時間設定は，荷の流れ・工程に従属する作業と独立した作業をビデオ観測により識別・分解し，それら作業因子の所要時間をカウントし，ばらつき・余裕率等を考慮し標準時間の設定を行う基礎的なIE (Industrial Engineering) 法（**図2**参照）に準じた．

以上の調査結果（**表1**参照）をもとに入力する作業要素，およびその所要時間を以下のように設定．

ルーチン作業1

（シュートコンベアの荷のところへ移動）：2.34秒

ルーチン作業2

（荷を取り上げ，コンテナまで運ぶ）　：2.94秒

ルーチン作業3

（コンテナに荷を入れる）　：2.13秒

例外要素作業4

（コンテナ内の整理，移動他）　：19.39秒

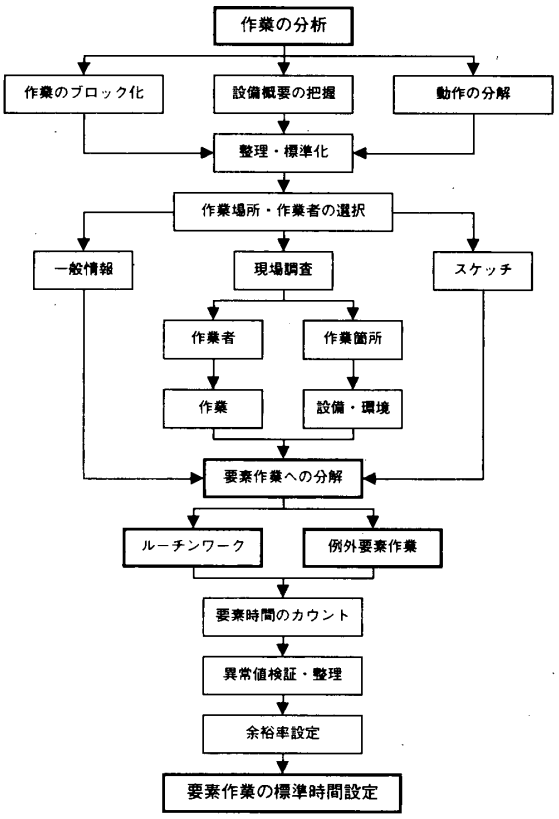

図2　入力データ集計のフロー図

4．作業員モデルの構築

ここでは，人（作業員）の行動をシミュレーションモデルで再現する制御ルールについて述べる．作業員の逐一の行動を忠実に再現することは不可能なので，前頁の観察調査結果により標準化された行動についてモデル化を行う．このモデルでは，人を一種の機械に見立てて，パーツを引き取り，加工処理して次工程に引き渡す，といった動きとする．以下に，モデルアウトプットと制御ルールについて列記する．

4.1 モデルアウトプット（図3参照）

4.2 制御ルール(上記図でのシュート2，S2，Y2にて説明)

・起点Pより発生した荷（図中P）は，シュート1・2・3に配送先別に振り分けられる．・シュート先端に到着した荷は，S2で従業員L1によって引き取られる．

・シュートに荷が存在しない時は，L1は待機状態となる．

・L1がいずれのシュートを選択するかは，シュートの滞留荷数の多い方を優先する．

・S2では，L1により3つの作業要素（前頁ルーチ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

表1　調査結果シート

番号		1		2		3		4		5		6		7	
動作項目		荷のところへ行くシュートコンベアの		荷を運ぶ空いたコンテナAまで		荷を入れる空いたコンテナAに		コンテナA内整理							
作業サイクル	行	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
	1		0		0		0		0						
	2		0		0		0		0						
	3		0		0		0		0						
	4		0		0		0		0						
	5		0		0		0		0						
	6		0		0		0		0						
	7		0		0		0		0						
	8		0		0		0		0						
	9		0		0		0		0						
	10		0		0		0		0						
合計時間		787	787	1436	2223	945	3168	359	3527						
観測回数		336	336	488	624	444	1268	49	1317						
平均時間		2.34	2.34	2.94	2.7	2.13	2.5	7.33	2.68						
最短時間															
レイティング															
レベリング要素															
レベリング平均															
余裕															
許容時間															

観測者：　　単位：秒

	例外要素							
	内容	T	R	T	R	T	R	T	R
1	荷の到着を待つ		0		0		0		0
2	荷を積んだコンテナAを運ぶ		0		0		0		0
3	空のコンテナA取りに行き、組立設置		0		0		0		0
4	コンテナAの荷に紙を挟む		0		0		0		0
5	コンテナの移動		0		0		0		0
6	移動		0		0		0		0
7	トレーを片付ける		0		0		0		0
8	コンベア上の荷の整理		0		0		0		0
9	コンテナの棒を閉める		0		0		0		0
10	コンテナの荷の確認		0		0		0		0
11	荷をコンベアの上に置く		0		0		0		0
12	画面から消える		0		0		0		0

例外要素合計時間	2533
総合計時間	6060
撮影時間	7314

ン作業1～3）を経て1つの荷が処理される．各ルーチン作業の所要時間は，調査解析による標準時間が付与される．

- 例外要素作業4については，一定の確率分布で乱数により発生させる．
- S2で処理された荷は，店舗別仮置き用4台車B2に数値としてストックされる．
- B2上段数値が25（台車当たり平均積載量）になると下段数値が1となり，配送用積み替え作業Y2に移送される．
- Y2では，従業員L2により4分割された配送用台車への積み替え標準作業が遂行される．本報告では，各標準時間の設定に関する説明は省略する．
- S2－B2と同様に，Y2の処理後はBT2にストックされ，配送トラックのシッピングダイアにあわせて，出荷される．

5．まとめ

以上のモデルを使って，以下の項目についてケーススタディーを行った．

検証目的：現行の設備能力・人員体制において，作業員の処理速度を上げた場合に現行で発生しているオーバーフローの数に変化がどれほどあるのかを見極める．

設定条件：ケースとして，ルーチン作業1～3の所要時間（3－2参照）を10%短縮した．

作業1：2.10秒　作業2：2.65秒　作業3：1.93秒

評価項目：①出荷作業エリアにおける作業員の稼働状況（実働・待機，図4，6参照）

②オーバーフロー数（出荷作業の延滞によ

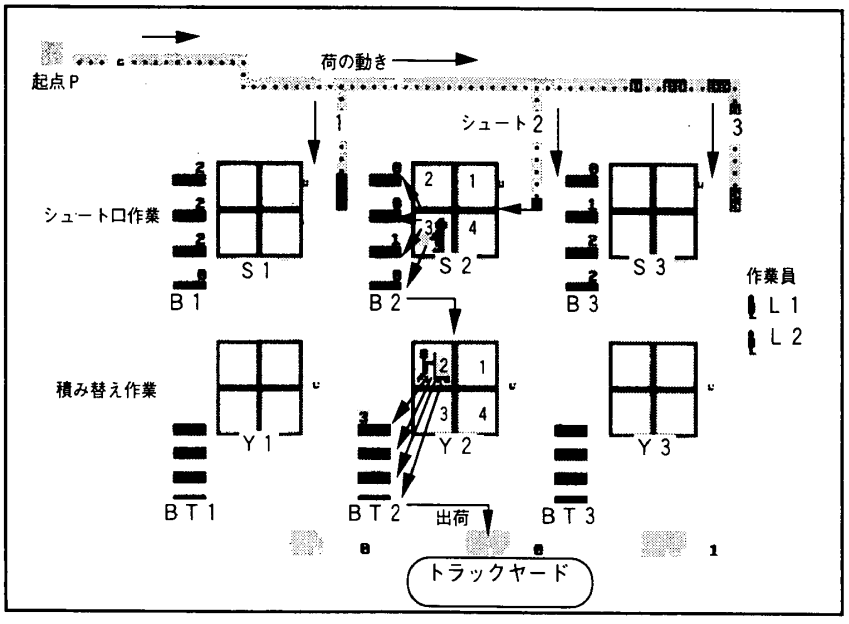

図3　出荷エリアでの3シュートに2名配属の基本モデル

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

るオーバーフロー，図5，7参照）

解析結果：シミュレーション結果のみを以下に示す．

以上，作業効率の向上によりオーバーフロー数の減少が明らかに認められた．

6．今後の課題

本報告では設備や要員の動きを再現する方法論に終始したが，これをプロトタイプとして，今後もモデルの精度向上と多様なケース設定の対応を図るべく，以下の項目について研究を継続する予定である．

・人員配置体制の変更に伴う全工程への影響評価（例：2シュートに1名配置）

・入荷数量の変化に伴う全体処理計画評価（例：繁忙期での人員体制計画）

・設備機器の能力変化に伴う全体処理計画評価（例：コンベア速度の向上による影響）

・スペース効率（例：台車仮置き場の確保，柱や壁のレイアウトによる台車や人の動線評価）

参考文献

W.E.ハドソン編 「メイナード版 IEハンドブック」日本能率協会マネジメントセンター刊

＊ WITNESS（AT&T Lanner Group Ltd.社製）

現 況

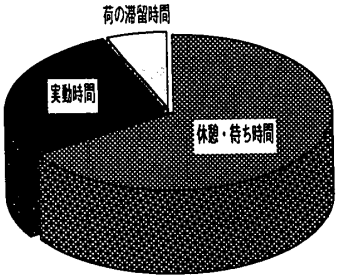

図4 従業員の稼働状況
実働相対値：21.7%

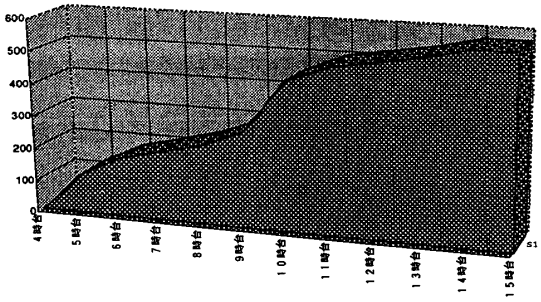

図5 オーバーフロー（時系列累計値）
最大567パーツ

ケース：10%能率向上と仮定

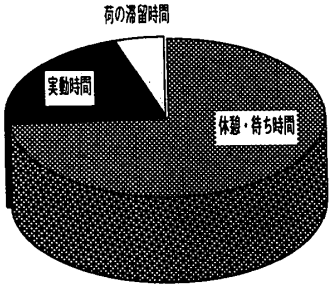

図6 従業員の稼働状況
実働相対値：12.1%

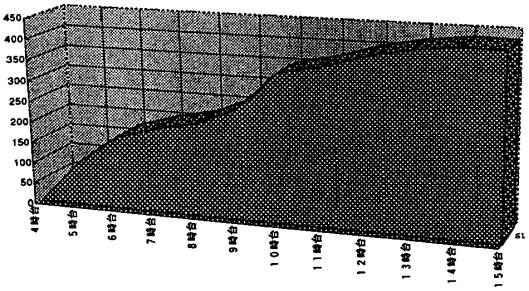

図7 オーバーフロー（時系列累計値）
最大423パーツ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．