

論 文

生産流通システムのフォレスター モデルについて

真 庭 功

目 次

- I 序
- II フロー・ダイアグラム
 - 1. 小売店セクターのフロー・ダイアグラム
 - 2. 卸店セクターのフロー・ダイアグラム
 - 3. 工場セクターのフロー・ダイアグラム
- III モデルのプログラム構成
 - 1. 基本的変数
 - 2. システム方程式
 - 3. 初期値方程式
 - 4. システムのパラメーター（定数）
- IV モデルのテスト計算
 - 1. 工場の生産能力に限度がある場合
 - 2. 事務処理の遅れが短縮された場合
- V FORTRAN プログラム

I 序

この研究の目的は、DYNAMO 言語で書かれた Jay W. Forrester の “Industrial Dynamics” を、そのダイナミクス・モデルの機能に重点をおいて、FORTRAN 言語を用いて表現することにある。そのために、FORTRAN 言語で、表現する際に DYNAMO 言語の形式を出来るかぎり尊重した。また、各種の関数については、DYNAMO 言語を用いれば、DYNAMO user's Manual に定義されているかぎり、あらためてプログラミングをする必要はない。しかし、FORTRAN 言語を用いる場合は定義された関数についてあらかじめプログラムを作成しておかなければならない。

システム・ダイナミクス・モデルをコンピュータでシミュレートするために特別に開発された DYNAMO 言語を用いずに FORTRAN 言語であえて試みたのは、わが国の中型コンピュータでは DYNAMO コンパイラーが普及していないことと、本学のコンピュータ (NEAC-3100 System, 16kw) が FORTRAN コンパイラーのみしか有していない状況にあって、システム・ダイナミクスにアプローチするためである。

この研究は昭和44年以降、本学の MIS (Management Information System) 研究会において、筆者が主に分担したものであるが、この研究成果は MIS 研究会のメンバーの共同の産物である。公表にあたっての文責はすべて筆者にある。

これは Jay W. Forrester, *Industrial Dynamics*, The M. I. T. Press, 1961, Fourth printing, 1965 の chapter 15, “Model of the Production-Distribution System of Chapter 2”, p. 137~p. 186, 石田晴之・小林秀雄共訳, p. 203~p. 277 に基づいている。モデルの条件は、同一にしてあるので、モデルに関する説明は省略した。また、レファレンス・マニュアルについても DYNAMO User's Manual に詳細に記述されているので省略した。

II フロー・ダイアグラム

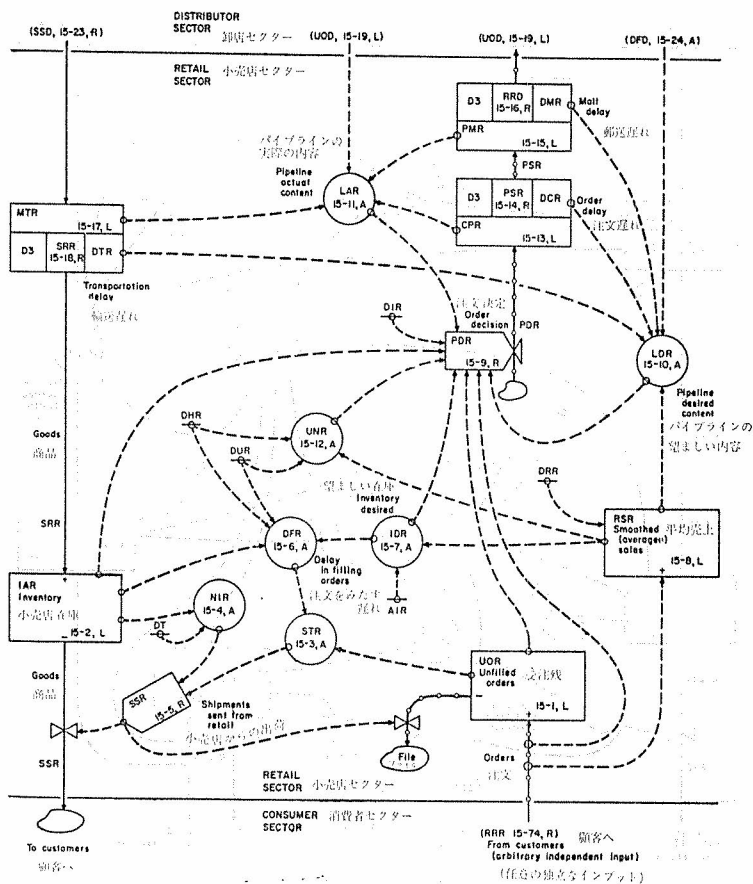


図1 小売店セクターのフロー・ダイアグラム
(J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*, p.157,
Figure 15-14 Flow diagram of retail sector より)

生産流通システムのフォレストー・モデルについて

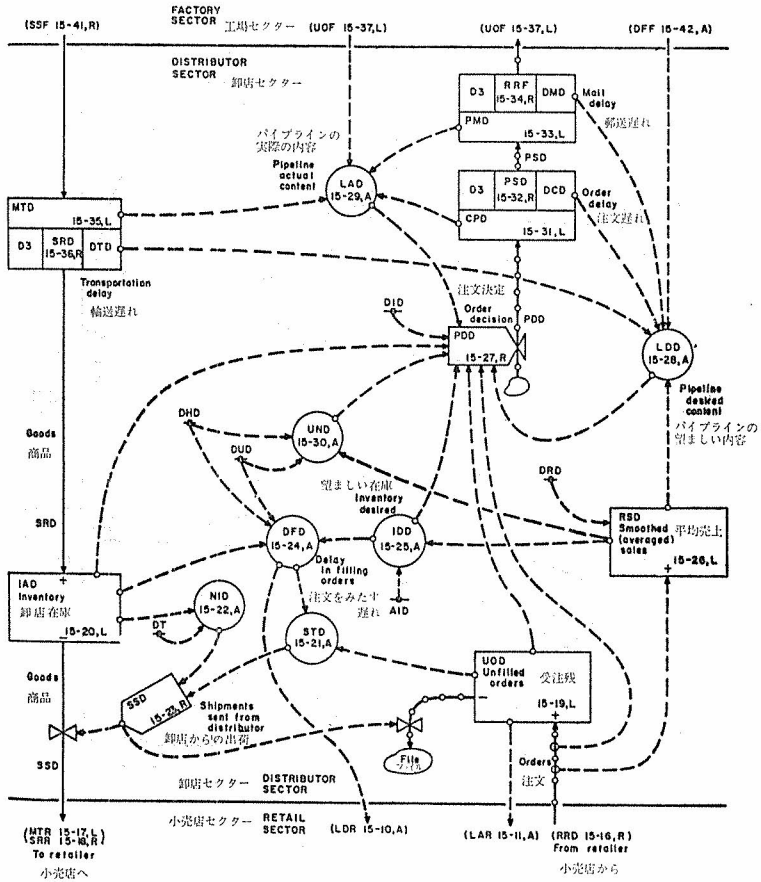


図2 卸店セクターのフロー・ダイアグラム

(J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*, p. 159,

Figure 15-15 Flow diagram of distributor sector より)

生産流通システムのフォレストー・モデルについて

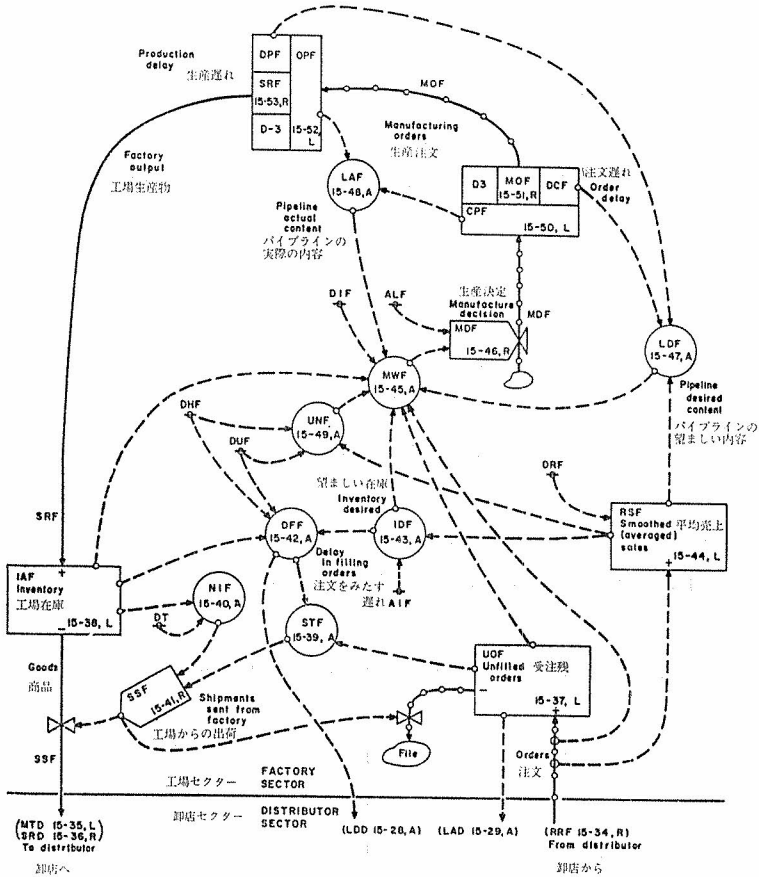


図3 工場セクターのフロー・ダイアグラム
(J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*, p.163,
Figure 15-16 Flow diagram of factory sector より)

Ⅲ モデルのプログラム構成

1 基本的変数

1) 小売店セクターの基本的変数

(1) レベル変数 (Level variables)

UOR Unfilled Orders at Retail (units), 小売店の受注残 (個)

IAR Inventory Actual at Retail (units), 小売店の在庫 (個)

RSR Requisitions Smoothed at Retail (units / week)

小売店での平滑化された需要 (個 / 週)

CPR Clerical in-Process orders at Retail (units)

小売店の事務処理中の注文 (個)

RMR Purchase orders in Mail from Retail (units)

小売店からの郵送中の購入注文 (個)

MTR Material in Transit to Retail (units)

小売店へ輸送中の品物 (個)

(2) レイト変数 (Rate variables)

RRR Requisitions Received at Retail (units / week)

小売店の需要 (個 / 週)

SSR Shipments Sent from Retail (units / week)

小売店からの出荷 (個 / 週)

PDR Purchasing rate Decision at Retail (units / week)

小売店の購入決定レート (個 / 週)

PSR Purchase orders Sent from Retail (units / week)

小売店から送る購入注文 (個 / 週)

SRR Shipments Received at Retail inventory (units / week)

小売店の在庫となる入荷 (個 / 週)

RRI Retail Requisitions, Initial rate, constant (units / week)

小売店の需要の初期レートを表わす定数 (個 / 週)

(3) 補助変数 (Auxiliary variables)

- STR Shipping rate to be Tried at Retail (units / week)
小売店で試みられる出荷レート (個 / 週)
- NIR Negative Inventory limit rate at Retail (units / week)
小売店における負の在庫限度レート (個 / 週)
- DFR Delay in Filling orders at Retail (weeks)
小売店で注文を満たす際の遅れ (週)
- IDR Inventory Desired at Retail (units)
小売店の望ましい在庫 (個)
- LDR pipeLine orders Desired to supply Retail (units)
小売店に供給するのに望ましいパイプライン注文 (個)
- LAR pipeLine orders Actually in transit to Retail (units)
小売店へ実際に輸送中のパイプライン注文 (個)
- UNR Unfilled orders, Normal, at Retail (units)
小売店の正常な受注残 (個)

(4) 定数 (Constants)

- DT Delta Time (weeks) 方程式の解の時間間隔 (週)
- AIR proportionality constAnt between Inventory and average
sales at Retail (weeks)
小売店の在庫と平均売上げの比例定数 (週)
- DCR Delay in Clerical order processing at Retail (weeks)
小売店の注文事務処理の遅れ (週)
- DHR Delay due to minimum Handling time required at
Retail (weeks)
小売店で必要とする最小処理時間による遅れ (週)
- DIR Delay in Inventory adjustment at Retail (weeks)
小売店の在庫調整の遅れ (週)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

DMR Delay in order Mailing from Retail (weeks)

小売店からの注文の郵送遅れ (週)

DRR Delay in smoothing Requisitions at Retail (weeks)

小売店での需要の平滑化の遅れ (週)

DTR Delay in Transportation of goods to Retail (weeks)

小売店への商品輸送の遅れ (週)

DUR average Delay in Unfilled orders at Retail caused by
out-of-stock items when inventory is “normal” (weeks)

正常在庫のとき、品切による小売店の受注残の平均遅れ (週)

2) 卸店セクターの基本的変数

(1) レベル変数 (Level variables)

UOD Unfilled Orders at Distributor (units) 卸店の受注残 (個)

IAD Inventory Actual at Distributor (units) 卸店の実際在庫 (個)

RSD Requisitions Smoothed at Distributor (units / week)

卸店の平滑化された需要 (個 / 週)

CPD orders in Clerical Processing at Distributor (units)

卸店の事務処理中の注文 (個)

PMD Purchase orders in Mail from Distributor (units)

卸店からの郵送中の購入注文 (個)

MTD Material in Transit to Distributor (units)

卸店への輸送中の品物 (個)

(2) レイト変数 (Rate variables)

RRD Requisitions Received at Distributor (units / week)

卸店の需要 (個 / 週)

SSD Shipments Sent from Distributor inventory (units / week)

卸店在庫からの出荷 (個 / 週)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

PDD Purchasing rate Decision at Distributor (units / week)

卸店の購入決定レート (個 / 週)

PSD Purchase orders Sent from Distributor (units / week)

卸店から送る購入注文 (個 / 週)

SRD Shipments Received at Distributor (units / week)

卸店の入荷 (個 / 週)

(3) 補助変数 (Auxiliary variables)

STD Shipping rate to be Tried at Distributor (units / week)

卸店で試みられる出荷レート (個 / 週)

NID Negative Inventory limit rate at Distributor (units / week)

卸店の負の在庫限度レート (個 / 週)

DFD Delay in Filling orders at Distributor (weeks)

卸店で注文を満たす遅れ (週)

IDD Inventory Desired at Distributor (units)

卸店での望ましい在庫 (個)

LDD pipeLine orders Desired in transit to Distributor (units)

卸店への輸送中の望ましいパイプライン注文 (個)

LAD pipeLine orders Actual in transit to Distributor (units)

卸店への輸送中の実際のパイプライン注文 (個)

UND Unfilled orders, Normal, at Distributor (units)

卸店の正常な受注残 (個)

(4) 定数 (Constants)

DT Time interval between solutions of the equations (weeks)

方程式の解の時間間隔 (週)

AID proportionality constAnt for Inventory at Distributor(weeks)

卸店の在庫に対する比例定数 (週)

DCD Delay Clerical at Distributor (weeks)

卸店の事務遅れ(週)

DHD Delay due to minimum Handling time required at
Distributor (weeks)

卸店で必要とする最小処理時間による遅れ(週)

DID Delay in Inventory adjustment at Distributor (weeks)

卸店の在庫調整遅れ(週)

DMD Delay in order Mailing from Distributor (weeks)

卸店からの注文の郵送遅れ(週)

DRD Delay in smoothing Requisitions at Distributor (weeks)

卸店の需要を平滑化する際の遅れの時定数(週)

DTD Delay of goods in Transit to Distributor (weeks)

卸店への輸送中の商品の遅れ(週)

DUD Delay, average, in Unfilled orders at Distributor caused
by out-of-stock items when inventory is "normal" (weeks)

正常在庫のとき、品切商品による卸店受注残の平均遅れ(週)

3) 工場セクターの基本的変数

(1) レベル変数 (Level variables)

UOF Unfilled Orders at the Factory (units) 工場の受注残(個)

IAF Inventory Actual at Factory (units) 工場の実際在庫(個)

RSF Requisitions Smoothed at Factory (units / week)

工場の平滑化された需要(個 / 週)

CPF Clerical in-Process manufacturing orders at Factory (units)

工場で事務処理中の生産注文(週)

OPF Orders in Production at Factory (units)

工場の生産中の注文(個)

(2) レイト変数 (Rate variables)

- RFF Requisitions Received at Factory (units / week)
工場の需要 (注文) (個 / 週)
- SSF Shipments Sent from Factory warehouse (units / week)
工場倉庫からの出荷 (個 / 週)
- MDF Manufacturing-rate Decision at Factory (units / week)
工場の生産決定レート (個 / 週)
- MOF Manufacturing Orders into Factory (units / week)
工場への生産注文 (個 / 週)
- SRF Shipments Received at Factory warehouse (units / week)
工場倉庫の入荷 (個 / 週)

(3) 補助変数 (Auxiliary variables)

- STF Shipping rate to be Tried at Factory (units / week)
工場で試みられる出荷レート (個 / 週)
- NIF Negative Inventory limit rate at Factory (units / week)
工場の負の在庫限度レート (個 / 週)
- DFF Delay in Filling orders at Factory (weeks)
工場の注文を満たす遅れ (週)
- IDF Inventory Desired at Factory (units)
工場の望ましい在庫 (個)
- MWF Manufacturing rate Wanted at Factory (units / week)
工場の望ましい生産レート (個 / 週)
- LDF pipeLine orders Desired in transit through
Factory (units)
工場から輸送中の望ましいパイプライン注文 (個)
- LAF pipeLine orders Actual in transit through Factory (units)
工場から輸送中の実際のパイプライン注文 (個)

UNF Unfilled orders, Normal, at Factory (units)

工場の正常な受注残 (個)

(4) 定数 (Constants)

DT solution time interval, Delta Time (weeks)

解の時間間隔, デルタ・タイム (週)

AIF proportionality constAnt for Inventory at Factory (weeks)

工場の在庫に対する比例定数 (週)

ALF constAnt specifying manufacturing capacity Limit at
Factory (units / week)

工場の生産能力の限度を指定する定数 (個 / 週)

DCF Delay in Clerical processing of manufacturing orders at
Factory (weeks)

工場の生産注文の事務処理の遅れ (週)

DHF Delay due to minimum Handling time required at Factory
(weeks)

工場が必要とする最小処理時間による遅れ (週)

DIF Delay in Inventory adjustment at Factory (weeks)

工場の在庫調整の遅れ (週)

DPF Delay in Production lead time at Factory (weeks)

工場の生産のずれの遅れ (週)

DRF Delay in smoothing Requisitions at Factory (weeks)

工場の需要を平滑化する遅れ (週)

DUF Delay, average, in Unfilled orders at Factory caused by
out-of-stock items when inventory is "normal" (weeks)

正常在庫のとき, 品切商品による工場受注残の平均遅れ (週)

2 システム方程式（小売店セクター・卸店セクター・工場セクター）

$$UOR(K) = UOR(J) + DT * (RRR(JK) - SSR(JK)) \quad 15-01, L$$

UOR 小売店の受注残（個）

RRR 小売店の需要（個／週）

SSR 小売店からの出荷（個／週）

D T 解のきざみ（週）

$$IAR(K) = IAR(J) + DT * (SRR(JK) - SSR(JK)) \quad 15-02, L$$

IAR 小売店の在庫（個）

SRR 小売店への入荷（個／週）

SSR 小売店からの出荷（個／週）

$$RSR(K) = RSR(J) + DT/DRR * (RRR(JK) - RSR(J)) \quad 15-08, L$$

RSR 小売店の平滑化された需要（個／週）

RRR 小売店の需要，すなわち現在の売上レート（個／週）

DRR 小売店の需要の平滑化の遅れ（週）

$$IDR = AIR * RSR(K) \quad 15-07, A$$

IDR 小売店の望ましい在庫（個）

AIR 小売店の在庫と平均売上げとの間の比例定数（週）

RSR 小売店の平滑化された需要（個／週）

$$DFR = DHR + DUR * IDR/IAR(K) \quad 15-06, A$$

DFR 小売店で注文を満たす遅れ（週）

DHR 小売店で必要とする最小処理時間による遅れ（週）

DUR 正常在庫のとき，品切商品による小売店受注残の平均遅れ（週）

IDR 小売店の望ましい在庫（個）

IAR 小売店の実際在庫（個）

$$STR = UOR(K)/DFR \quad 15-03, A$$

STR 小売店で試みられる出荷レート（個／週）

UOR 小売店の受注残（個）

DFR 小売店で注文を満たす際の遅れ（週）

$$NIR = IAR(K)/DT \quad 15-04, A$$

NIR 小売店における負の在庫限度レート（個／週）

IAR 小売店の実際在庫（個）

$$SSR(KL) = CLIP(STR, NIR) \quad 15-05, R$$

$$SSR(KL) = \begin{cases} STR & \text{if } NIR \geq STR \\ NIR & \text{if } NIR < STR \end{cases}$$

SSR 小売店からの出荷 (個/週)

NIR 小売店における負の在庫限度レート (個/週)

STR 小売店で試みられる出荷レート (個/週)

CLIP 意思決定関数 (Decision Function)

$$UNR = RSR(KL) * (DHR + DUR) \quad 15-12, A$$

UNR 小売店の正常な受注残 (個)

RSR 小売店の平滑化された需要 (個/週)

DHR 小売店での処理時間の遅れ (週)

DUR 正常在庫のとき、品切商品による小売店の受注残の遅れ (週)

$$CPR(K) = CPR(J) + DT * (PDR(JK) - PSR(JK)) \quad 15-13, L$$

$$PSR(KL) = DELAY3(PDR(JK), DCR, 1) \quad 15-14, R$$

$$PMR(K) = PMR(J) + DT * (PSR(JK) - RRD(JK)) \quad 15-15, L$$

$$RRD(KL) = DELAY3(PSR(JK), DMR, 2) \quad 15-16, R$$

CPR 小売店で事務処理中の注文 (個)

PDR 小売店での購入決定レート (個/週)

PSR 小売店から送る購入注文 (個/週)

DCR 小売店で事務的に注文を発する際の遅れ (週)

PMR 小売店から郵送中の購入注文 (個)

RRD 卸店の需要 (注文) (個/週)

DMR 小売店から卸店への郵送遅れ (週)

DELAY3 3次指数遅れの方程式を指定する関数

$$MTR(K) = MTR(J) + DT * (SSD(JK) - SRR(JK)) \quad 15-17, L$$

$$SRR(KL) = DELAY3(SSD(JK), DTR, 3) \quad 15-18, R$$

MTR 小売店へ輸送中の品物 (個)

SSD 卸店の在庫からの出荷 (個/週)

SRR 小売店の在庫となる入荷 (個/週)

DTR 小売店への商品輸送遅れ (週)

DELAY3 3次指数遅れの方程式を指定する関数

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

$$UOD(K) = UOD(J) + DT * (RRD(JK) - SSD(JK)) \quad 15-19, L$$

UOD 卸店の受注残 (個)

RRD 卸店の需要 (注文) (個/週)

SSD 卸店在庫からの出荷 (個/週)

D T 方程式の解の時間間隔 (週)

$$IAD(K) = IAD(J) + DT * (SRD(JK) - SSD(JK)) \quad 15-20, L$$

IAD 卸店の実際在庫 (個)

SRD 卸店入荷 (個/週)

SSD 卸店からの出荷 (個/週)

$$RSD(K) = RSD(J) + DT / DRD * (RRD(JK) - RSD(J)) \quad 15-26, L$$

$$IDD = AID * RSD(K) \quad 15-25, A$$

IDD 卸店の望ましい在庫 (個)

AID 卸店の在庫に対する比例定数 (週)

RSD 卸店の平滑化された需要 (個/週)

DRD 卸店の需要を平滑化する際の遅れの時定数 (週)

RRD 卸店の需要 (注文) (個/週)

$$DFD = DHD + DUD * IDD / IAD(K) \quad 15-24, A$$

DFD 卸店で注文を満たす遅れ (週)

DHD 卸店で必要とする最小処理時間による遅れ (週)

DUD 在庫が“正常”であるとき、品切れ商品によって引き起される
卸店受注残における平均遅れ (週)

IDD 卸店の望ましい在庫 (個)

IAD 卸店の実際在庫 (個)

$$LDR = RSR(K) * (DCR + DMR + DFD + DTR) \quad 15-10, A$$

LDR 小売店に供給するための望ましいパイプライン注文 (個)

RSR 小売店の平滑化された需要 (平均売上) (個/週)

DCR 小売店の注文の事務処理の遅れ (週)

DMR 小売店からの注文の郵送遅れ (週)

DFD 卸店で注文を満たす遅れ (週)

DTR 小売店への商品輸送の遅れ (週)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

$$\text{LAR} = \text{CPR}(\text{K}) + \text{PMR}(\text{K}) + \text{UOD}(\text{K}) + \text{MTR}(\text{K}) \quad 15-11, \text{A}$$

LAR 小売店へ実際に輸送中のパイプライン注文 (個)

CPR 小売店の事務処理中の注文 (個)

PMR 小売店からの郵送中の購入注文 (個)

UOD 卸店の受注残 (個)

MTR 小売店へ輸送中の品物 (個)

$$\begin{aligned} \text{PDR}(\text{KL}) = & \text{RRR}(\text{JK}) + (\text{IDR} - \text{IAR}(\text{K}) + \text{LDR} - \text{LAR} \\ & + \text{UOR}(\text{K}) - \text{UNR})/\text{DIR} \end{aligned} \quad 15-09, \text{R}$$

RCR 小売店の購入決定レート (個/週)

RRR 小売店の需要 (個/週)

DIR 小売店の在庫調整の遅れ (週)

IDR 小売店の望ましい在庫 (個)

IAR 小売店の実際在庫 (個)

LDR 小売店に供給するための望ましいパイプライン注文 (個)

LAR 小売店からの実際のパイプライン注文 (個)

UOR 小売店での受注残 (個)

UNR 小売店での正常な受注残 (個)

$$\text{STD} = \text{UOD}(\text{K})/\text{DFD} \quad 15-21, \text{A}$$

$$\text{NID} = \text{IAD}(\text{K})/\text{DT} \quad 15-22, \text{A}$$

$$\text{SSD}(\text{KL}) = \text{CLIP}(\text{STD}, \text{NID}) \quad 15-23, \text{R}$$

$$\text{SSD}(\text{KL}) = \begin{cases} \text{STD} & \text{if } \text{NID} \geq \text{STD} \\ \text{NID} & \text{if } \text{NID} < \text{STD} \end{cases}$$

STD 卸店で試みられる出荷レート (個/週)

UOD 卸店の受注残 (個)

DFD 卸店で注文を満たす遅れ (週)

NID 卸店の負の在庫限度レート (個/週)

IAD 卸店の実際在庫 (個)

DT 解の時間間隔 (週)

SSD 卸店からの出荷 (個/週)

CLIP 意思決定関数 (Decision Function)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

$$CPD(K) = CPD(J) + DT * (PDD(JK) - PSD(JK)) \quad 15-31, L$$

$$PSD(KL) = DELAY3 (PDD(JK), DCD, 4) \quad 15-32, R$$

$$PMD(K) = PMD(J) + DT * (PSD(JK) - RRF(JK)) \quad 15-33, L$$

$$RRF(KL) = DELAY3 (PSD(JK), DMD, 5) \quad 15-34, R$$

CPD 卸店の事務処理中の遅れ (個)

PDD 卸店の購入決定レート (個/週)

PSD 卸店から送る購入注文 (個/週)

DCD 卸店で注文の事務処理の遅れ (週)

PMD 卸店からの郵送中の購入注文 (個)

RRF 工場への注文 (個/週)

DMD 卸店からの郵送の遅れ (週)

DELAY3 3次指数遅れの方程式を指定する関数

$$MTD(K) = MTD(J) + DT * (SSF(JK) - SRD(JK)) \quad 15-35, L$$

$$SRD(KL) = DELAY3 (SSF(JK), DTD, 6) \quad 15-36, R$$

MTD 卸店への輸送中の物 (個)

SSF 工場からの出荷 (個/週)

SRD 卸店入荷 (個/週)

DELAY3 3次指数遅れの方程式を指定する関数

$$UOF(K) = UOF(J) + DT * (RRF(JK) - SSF(JK)) \quad 15-37, L$$

$$IAF(K) = IAF(J) + DT * (SRF(JK) - SSF(JK)) \quad 15-38, L$$

UOF 工場の受注残 (個)

RRF 工場への注文 (個/週)

SSF 工場倉庫からの出荷 (個/週)

IAF 工場倉庫の実際在庫 (個/週)

SRF 工場倉庫への入荷 (生産のアウトプット) (個/週)

$$RSF(K) = RSF(J) + DT/DRF * (RRF(JK) - RSF(J)) \quad 15-44, L$$

$$IDF = AIF * RSF(K) \quad 15-43, A$$

$$DFF = DHF + DUF * IDF/IAF(K) \quad 15-42, A$$

RSF 工場の平滑化された需要 (個/週)

DRF 工場の需要を平滑化する遅れ (週)

RRF 工場への注文 (個/週)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

- IDF 工場の望ましい在庫 (個)
 IAF 工場の実際在庫 (個)
 AIF 工場の在庫に対する比例定数 (週)
 DFF 工場で注文を満たす遅れ (週)
 DHF 工場が必要とする最小処理時間による遅れ (週)
 DUF 在庫が“正常”なとき、品切れ商品に起因する工場受注残における平均遅れ (週)

$$LDD = RSD(K) * (DCD + DMD + DFF + DTD) \quad 15-28, A$$

- LDD 卸店への輸送中の望ましいパイプライン注文 (個)
 RSD 卸店の平滑化された需要 (個/週)
 DCD 卸店の事務の遅れ (週)
 DMD 卸店からの注文の郵送遅れ (週)
 DFF 工場で注文を満たす遅れ (週)
 DTD 卸店への輸送中の商品の遅れ (週)

$$LAD = CPD(K) + PMD(K) + UOF(K) + MTD(K) \quad 15-29, A$$

- LAD 卸店への輸送中の実際のパイプライン注文 (個)
 CPD 卸店の事務処理中の注文 (個)
 PMD 卸店からの郵送中の購入注文 (個)
 UOF 工場の受注残 (個)
 MTD 卸店への輸送中の物 (個)

$$UND = RSD(K) * (DHD + DUD) \quad 15-30, A$$

- UND 卸店の正常な受注残 (個)
 RSD 卸店の平滑化された需要 (注文) (個/週)
 DHD 卸店で必要とする最小処理時間による遅れ (週)
 DUD 在庫が“正常”なとき、品切れ商品に起因する卸店受注残における平均遅れ (週)

$$PDD(KL) = RRD(JK) + (IDD - IAD(K) + LDD - LAD$$

$$+ UOD(K) - UND) / DID \quad 15-27, R$$

- PDD 卸店の購入決定レート (個/週)
 RRD 卸店で受取る需要 (注文) (個/週)
 DID 卸店の在庫調整遅れ (週)
 IDD 卸店の望ましい在庫 (個)
 IAD 卸店の実際在庫 (個)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

LDD 卸店への輸送中の望ましいパイプライン注文 (個)

LAD 卸店への輸送中の実際のパイプライン注文 (個)

UOD 卸店の受注残 (個)

UND 卸店の正常な受注残 (個)

$$STF = UOF(K)/DFF \quad 15-39, A$$

$$NIF = IAF(K)/DT \quad 15-40, A$$

$$SSF(KL) = CLIP(STF, NIF) \quad 15-41, R$$

$$SSF(KL) = \begin{cases} STF & \text{if } NIF \geq STF \\ NIF & \text{if } NIF < STF \end{cases}$$

STF 工場で試みられる出荷レート (個/週)

UOF 工場の受注残 (個)

DFF 工場で注文を満たす遅れ (週)

NIF 工場の負の在庫限度レート (個/週)

IAF 工場の実際在庫 (個)

DT 解の時間間隔 (週)

SSF 工場倉庫からの出荷 (個/週)

CLIP 意思決定関数 (Decision Function)

$$CPF(K) = CPF(J) + DT * (MDF(JK) - MOF(JK)) \quad 15-50, L$$

$$MOF(KL) = DELAY3 (MDF(JK), DCF, 7) \quad 15-51, R$$

CPF 工場の事務処理中の生産注文 (個)

MDF 工場の生産決定レート (個/週)

MOF 工場への生産注文 (個/週)

DCF 工場の生産注文の事務処理の遅れ (週)

DELAY3 3次指数遅れの方程式を指定する関数

$$OPF(K) = OPF(J) + DT * (MOF(JK) - SRF(JK)) \quad 15-52, L$$

$$SRF(KL) = DELAY3 (MOF(JK), DPF, 8) \quad 15-53, R$$

OPF 工場の生産中の注文 (個)

MOF 工場への生産注文レート (個/週)

SRF 工場在庫の入荷 (個/週)

DPF 工場の生産の時間的ずれにおける遅れ (週)

DELAY3 3次指数遅れの方程式を指定する関数

$$\text{LDF} = \text{RSF}(\text{K}) * (\text{DCF} + \text{DPF}) \quad 15-47, \text{A}$$

$$\text{LAF} = \text{CPF}(\text{K}) + \text{OPF}(\text{K}) \quad 15-48, \text{A}$$

$$\text{UNF} = \text{RSF}(\text{K}) * (\text{DHF} + \text{DUF}) \quad 15-49, \text{A}$$

LDF 工場からの輸送中の望ましいパイプライン注文(個)

RSF 工場の平滑化された需要(注文)(個/週)

DCF 工場の生産注文の事務処理の遅れ(週)

DPF 工場の生産のずれの遅れ(週)

LAF 工場からの輸送中の実際のパイプライン注文(個)

CPF 工場の事務処理中の生産注文(個)

OPF 工場で生産にまわされた注文(個)

UNF 工場の正常な受注残(個)

DHF 工場が必要とする最小処理時間による遅れ(週)

DUF 正常在庫のとき、品切商品による工場受注残の平均遅れ(週)

$$\begin{aligned} \text{MWF} = & \text{RRF}(\text{JK}) + (\text{IDF} - \text{IAF}(\text{K}) + \text{LDF} - \text{IAF} \\ & + \text{UOF}(\text{K}) - \text{UNF})/\text{DIF} \end{aligned} \quad 15-45, \text{A}$$

MWF 工場の望ましい生産レート(個/週)

RRF 工場への注文(個/週)

DIF 工場の在庫調整の遅れ(週)

IDF 工場の望ましい在庫(個)

IAF 工場の実際在庫(個)

LDF 工場へ輸送中の望ましいパイプライン注文(個)

LAF 工場へ輸送中の実際のパイプライン注文(個)

UOF 工場の受注残(個)

UNF 工場の正常な受注残(個)

$$\text{MDF}(\text{KL}) = \text{CLIP}(\text{MWF}, \text{ALF}) \quad 15-46, \text{R}$$

$$\text{MDF}(\text{KL}) = \begin{cases} \text{MWF} & \text{if } \text{ALF} \geq \text{MWF} \\ \text{ALF} & \text{if } \text{ALF} < \text{MWF} \end{cases}$$

MDF 工場の生産決定レート(個/週)

MWF 工場の望ましい生産レート(個/週)

ALF 工場の生産能力の限度を指定する定数(個/週)

CLIP 意思決定関数(Decision Function)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

RCR = CYCLE(RRI, TIME) 15—75, A

R C R 小売店の需要の変化 (個/週)

R R I 小売店需要の初期レート, 定数 (個/週)

TIME 週単位の時間 (週)

CYCLE 変動周期関数

$$\therefore RCR = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 \leq \text{TIME} < 12 \\ 0.1 * RRI & \text{if } 12 \leq \text{TIME} < 104 \\ 0.1 * RRI * \sin(R) & \text{if } 104 \leq \text{TIME} < n \end{cases}$$

$$\therefore R = 2\pi \frac{\text{TIME}}{52}$$

RRR(KL) = RRI + RCR 15—74, R

RRR(JK) = RRR(KL) 15—74, R

RRR 小売店の需要初期値 (個/週)

RRI 小売店需要の初期レート, 定数 (個/週)

RCR 小売店の需要の変化 (個/週)

IND = SIGNAL(TIME, DT) 15—EX, T

GO TO(1, 2), IND 15—EX, F

I N D インデックス

TIME 週単位の時間 (週)

D T 解のきざみ (週)

SIGNAL 信号関数

$$\therefore \text{IND} = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{MOD}(\text{clock}, 20) \leq 0 \\ 2 & \text{if } \text{MOD}(\text{clock}, 20) > 0 \end{cases}$$

$$\therefore \text{clock} = \text{TIME} / \text{DT}$$

CALL PLOT(RRR(KL), RRD(KL), RRF(KL), MOF(KL), SRF(KL),

2000.0, IAR(K), IAD(K), IAF(K), UOF(K), 10000.0,

DFF, 10.0) 15—PLOT

TIME = FLIP(J, K, JK, KL) 15—EX, T

PLOT グラフ作成のための subroutine subprogram name

TIME 週単位の時間 (週)

FLIP 時間および時間間隔の切換えを指定する関数

3 初期値方程式 (Initial-value Equations)

$$RRR(JK) = RRI \quad 15-54, N$$

$$RSR(JK) = RRR(JK) \quad 15-57, N$$

$$UOR(J) = RSR(JK) * (DHR + DUR) \quad 15-55, N$$

$$IAR(J) = AIR * RSR(JK) \quad 15-56, N$$

RRR 小売店の需要(注文)の初期値(個/週)

RRI 小売店の需要の初期レートを表わす定数(個/週)

RSR 小売店の平滑化された需要(個/週)

UOR 小売店の受注残の初期値(個)

DHR 小売店で必要とする最小注文処理時間による遅れ(週)

DUR 正常在庫のとき、品切商品による小売店受注残の平均遅れ(週)

IAR 小売店の実際在庫の初期値(個)

AIR 小売店在庫の比例定数(週)

$$CPR(J) = DCR * RRR(JK) \quad 15-58, N$$

$$PMR(J) = DMR * RRR(JK) \quad 15-59, N$$

$$MTR(J) = DTR * RRR(JK) \quad 15-60, N$$

CP R 小売店で事務処理中の注文の初期値(個)

DCR 小売店の発注事務の遅れの初期値(週)

PMR 小売店から郵送中の購入注文の初期値(個)

DMR 小売店からの郵送遅れ(週)

MTR 小売店へ輸送中の品物の初期値(個)

DTR 小売店へ商品輸送の遅れ(週)

$$SSR(JK) = RSR(JK) \quad 15-EX, N$$

$$PSR(JK) = RRR(JK) \quad 15-EX, N$$

$$PDR(JK) = RRR(JK) \quad 15-EX, N$$

$$SRR(JK) = RRR(JK) \quad 15-EX, N$$

SSR 小売店からの出荷(個/週)

RSR 小売店の平滑化された需要(個/週)

PSR 小売店から送る購入注文(個/週)

PDR 小売店での購入決定レート(個/週)

SRR 小売店への入荷(個/週)

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

$$\text{RRD}(\text{JK}) = \text{RRR}(\text{JK}) \quad 15-61, \text{N}$$

$$\text{RSD}(\text{JK}) = \text{RRD}(\text{JK}) \quad 15-64, \text{N}$$

$$\text{UOD}(\text{J}) = \text{RSD}(\text{JK}) * (\text{DHD} + \text{DUD}) \quad 15-62, \text{N}$$

$$\text{IAD}(\text{J}) = \text{AID} * \text{RSD}(\text{JK}) \quad 15-63, \text{N}$$

RRD 卸店需要（注文）の初期値（個／週）

RS D 卸店の平滑化された需要（注文）の初期値（個／週）

UOD 卸店の受注残の初期値（個）

DHD 卸店で必要とする最小処理時間による遅れ（週）

DUD 在庫が“正常”のとき、品切れ商品に起因する卸店での受注残における平均遅れ（週）

I A D 卸店の実際在庫の初期値（個）

A I D 卸店の在庫に対する比例定数（週）

$$\text{CPD}(\text{J}) = \text{DCD} * \text{RRD}(\text{JK}) \quad 15-65, \text{N}$$

$$\text{PMD}(\text{J}) = \text{PMD} * \text{RRD}(\text{JK}) \quad 15-66, \text{N}$$

$$\text{MTD}(\text{J}) = \text{DTD} * \text{RRD}(\text{JK}) \quad 15-67, \text{N}$$

CPD 卸店で事務処理中の注文の初期値（個）

DCD 卸店の注文の事務処理の遅れ（週）

PMD 卸店から郵送中の購入注文の初期値（個）

DMD 卸店からの郵送遅れ（週）

MTD 卸店へ輸送中の品物の初期値（個）

DTD 卸店への商品輸送遅れ（週）

$$\text{SSD}(\text{JK}) = \text{RRR}(\text{JK}) \quad 15-EX, \text{N}$$

$$\text{PDD}(\text{JK}) = \text{RRD}(\text{JK}) \quad 15-EX, \text{N}$$

$$\text{PSD}(\text{JK}) = \text{RRD}(\text{JK}) \quad 15-EX, \text{N}$$

$$\text{SRD}(\text{JK}) = \text{RRD}(\text{JK}) \quad 15-EX, \text{N}$$

SSD 卸店の在庫からの出荷（個／週）

PDD 卸店の購入決定レート（個／週）

PS D 卸店から送る購入注文（個／週）

SR D 卸店の入荷（個／週）

生産流通システムのフォレスター・モデルについて

$RRF(JK) = RRR(JK)$	15—68, N
$RSF(JK) = RRF(JK)$	15—71, N
$UOF(J) = RSF(JK) * (DHF + DUF)$	15—69, N
$IAF(J) = AIF * RSF(JK)$	15—70, N
$CPF(J) = DCF * RSF(JK)$	15—72, N
$OPF(J) = DPF * RSF(JK)$	15—73, N

RRF 工場での需要の初期値 (個/週)

UOF 工場の受注残の初期値 (個)

RSF 工場で平滑化された需要の初期値 (個/週)

DHF 工場が必要とする最小処理時間による遅れ (週)

DUF 在庫が“正常”のとき、品切れ商品に起因する工場での受注残の平均遅れ (週)

IAF 工場の実際在庫の初期値 (個)

AIF 工場在庫に対する比例定数 (週)

CPF 工場で事務処理中の生産注文の初期値 (個)

DCF 工場の生産注文の事務処理の遅れ (週)

OPF 工場の生産中の注文の初期値 (個)

DPF 工場の生産の時間的ずれによる遅れ (週)

$MOF(JK) = RRF(JK)$	15—EX, N
---------------------	----------

$MDF(JK) = RRF(JK)$	15—EX, N
---------------------	----------

$SSF(JK) = RRD(JK)$	15—EX, N
---------------------	----------

$SRF(JK) = MOF(JK)$	15—EX, N
---------------------	----------

MOF 工場への生産注文レート (個/週)

RRF 工場での需要の初期値 (個/週)

MDF 工場の生産決定レート (個/週)

SSF 工場倉庫からの出荷 (個/週)

SRF 工場への入荷 (個/週)

4 システムのパラメーター（定数）

$DT = 0.05$ 週（解の間隔）

$DHR = 1.0$ 週, 小売店における最小処理時間の遅れ

$DHD = 1.0$ 週, 卸店における最小処理時間の遅れ

$DHF = 1.0$ 週, 工場における最小処理時間の遅れ

$DUR = 0.4$ 週, 小売店で満たしえない注文による遅れ

$DUD = 0.6$ 週, 卸店で満たしえない注文による遅れ

$DUF = 1.0$ 週, 工場で満たしえない注文による遅れ

$AIR = 8$ 週, 小売店の在庫に対する比例定数

$AID = 6$ 週, 卸店の在庫に対する比例定数

$AIF = 4$ 週, 工場の在庫に対する比例定数

$DRR = 8$ 週, 小売店での需要平滑化の遅れ

$DRD = 8$ 週, 卸店での需要平滑化の遅れ

$DRF = 8$ 週, 工場での需要平滑化の遅れ

$DIR = 4$ 週, 小売店の在庫（およびパイプライン）調整の遅れ

$DID = 4$ 週, 卸店の在庫（およびパイプライン）調整の遅れ

$DIF = 4$ 週, 工場の在庫（およびパイプライン）調整の遅れ

$DCR = 3$ 週, 小売店の事務処理遅れ, ($DCR = 1.0$ 週, 短縮された値)

$DCD = 2$ 週, 卸店の事務処理遅れ, ($DCD = 0.7$ 週, 短縮された値)

$DCF = 1$ 週, 工場の事務処理遅れ, ($DCF = 0.3$ 週, 短縮された値)

$DMR = 5.5$ 週, 小売店からの郵送遅れ

$DMD = 0.5$ 週, 卸店からの郵送遅れ

$DTR = 1.0$ 週, 小売店への輸送遅れ

$DTD = 2.0$ 週, 卸店への輸送遅れ

$DPF = 6.0$ 週, 工場の生産の時間的ずれの遅れ

$ALF = 1,200$ 個/週, 工場の生産能力限度, 定数

$RRI = 1,000$ 個/週, 小売店需要の初期レート

IV モデルのテスト計算

1 工場の生産能力に限度がある場合

ALF = 1, 200 (個 / 週)

constAnt specifying manufacturing capacity Limit at
Factory (units / week)

工場における生産能力の限度を指定する定数 (個 / 週)

DHR = 1.0	DHD = 1.0	DHF = 1.0
DUR = 0.4	DUD = 0.6	DUF = 1.0
AIR = 8.0	AID = 6.0	AIF = 4.0
DRR = 8.0	DRD = 8.0	DRF = 8.0
DIR = 4.0	DID = 4.0	DIF = 4.0
DCR = 3.0	DCD = 2.0	DCF = 1.0
DMR = 5.5	DMD = 0.5	DPF = 6.0
DTR = 1.0	DTD = 2.0	RRI = 1000.
ALF = 1200.		

シミュレーション—1

RCR = CYCLE(RRI, TIME) 15—75, A

RRR(KL) = RRI + RCR 15—74, R

R C R 小売店の需要の変化 (個/週)

R R I 小売店需要の初期レート, 定数 (個/週)

TIME 週単位の時間 (週)

R R R 小売店需要 (注文) の初期値 (個/週)

CYCLE 変動・周期関数記号

1) 定常状態の場合

RCR = 0 if $0 \leq \text{TIME} < 12$ (weeks)

2) 売上げが10%ステップ的に増大した場合

RCR = 0.1 * RRI if $12 \leq \text{TIME} < 104$ (weeks)

3) 売上げが10%周期的に変動した場合

RCR = 0.1 * RRI * SIN (2. * PAI * TIME/52.)

if $104 \leq \text{TIME} < n$ (weeks)

2 事務処理の遅れが短縮された場合

注文処理の遅れ	短縮された値 (週)	以前の値 (週)
DCR	1.0	3.0
DCD	0.7	2.0
DCF	0.3	1.0

DHR = 1.0	DHD = 1.0	DHF = 1.0
DUR = 0.4	DUD = 0.6	DUF = 1.0
AIR = 8.0	AID = 6.0	AIF = 4.0
DRR = 8.0	DRD = 8.0	DRF = 8.0
DIR = 4.0	DID = 4.0	DIF = 4.0
DCR = 1.0	DCD = 0.7	DCF = 0.3
DMR = 5.5	DMD = 0.5	DPF = 6.0
DTR = 1.0	DTD = 2.0	RRI = 1000.
ALF = 1200.		

シミュレーション—2

$$RCR = \text{CYCLE}(RRI, \text{TIME}) \quad 15-75, A$$

$$RRR(KL) = RRI + RCR \quad 15-74, R$$

1) 定常状態の場合

$$RCR = 0 \quad \text{if } 0 \leq \text{TIEM} < 12 \quad (\text{weeks})$$

2) 売上げが10%ステップ的に増大した場合

$$RCR = 0.1 * RRI \quad \text{if } 12 \leq \text{TIME} < 104 \quad (\text{weeks})$$

3) 売上げが10%周期的に変動した場合

$$RCR = 0.1 * RRI * \text{SIN}(2 * \text{PAI} * \text{TIME}/52.)$$

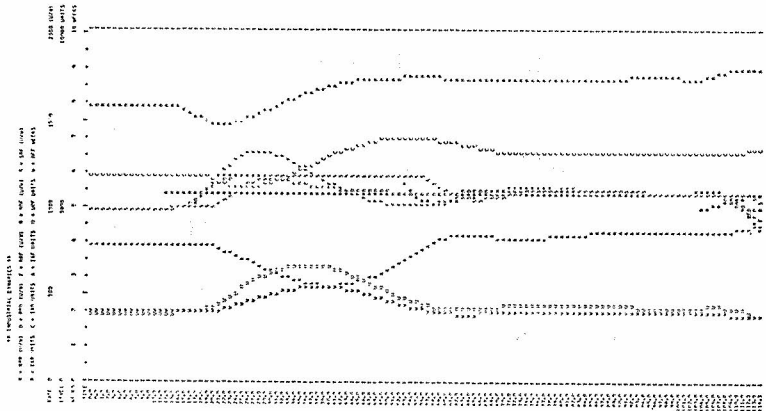
$$\text{if } 104 \leq \text{TIME} < n \quad (\text{weeks})$$

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

IV-1 工場の生産能力の限度 (ALF=1200個/週) の場合

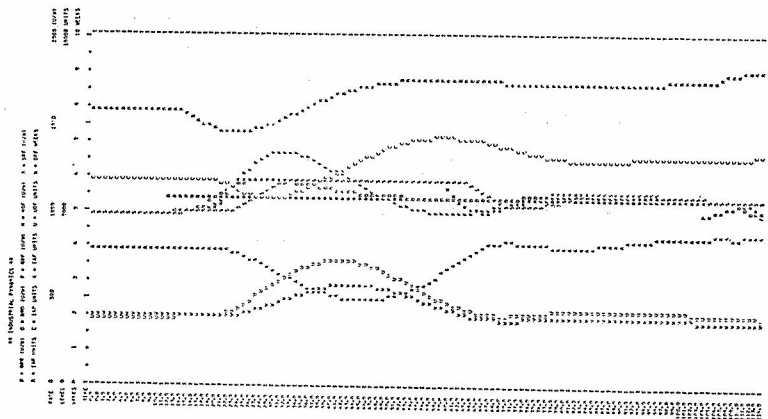
(DCR = 3.0, DCD = 2.0, DCF = 1.0週)

R=RRR (U/W) D=RRD (U/W) F=RRF (U/W) M=MOF (U/W)
 B=IAR UNITS C=IAD UNITS A=IAF UNITS U=UOF UNITS
 W=DFF WEEKS



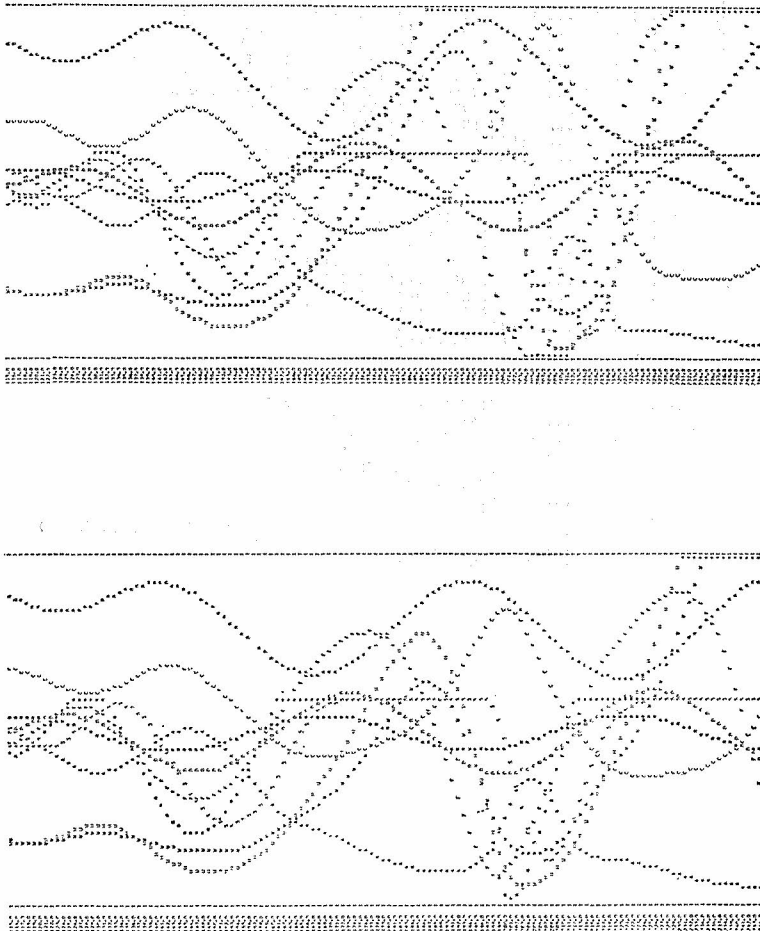
IV-2 事務処理遅れの短縮化の場合

(DCR = 1.0, DCD = 0.7, DCF = 0.3週)



生産流通システムのフォレスト・モデルについて

$$S = \text{SRF} (U/W)$$



生産流通システムのフォレスト・モデルについて

V FORTRAN プログラム

```

C      INDUSTRIAL DYNAMICS, OTEMON SAKUIN UNIVERSITY
C      MAIN PROGRAM
C
C      MODEL OF THE PRODUCTION - DISTRIBUTION SYSTEM
C
C      NAME OF THE PARAMETERS
C
C      RETAIL SECTOR IS R, DISTRIBUTOR SECTOR IS D, FACTORY SECTOR IS F
C
C      MEASUREMENT IS WEEKS
C
C      AIR,AID,AIF ... PROPORTIONALITY CONSTANT FOR INVENTORY
C      DCR,DCD,DCF ... DELAY IN CLERICAL ORDER PLACING
C      DFR,DFD,DFE ... DELAY (VARIABLE) IN FILLING ORDERS
C      DHR,DHD,DHF ... DELAY DUE TO MINIMUM HANDLING TIME REQUIRED
C      DIR,DID,DIF ... DELAY INVENTORY (AND PIPELINE) ADJUSTMENT
C      DRR,DRD,DRF ... DELAY TIME CONSTANT IN SMOOTHING REQUISITION
C      DMR,DMD,DMF ... DELAY AVERAGE IN UNFILLED ORDERS
C      DMR,DMD ... DELAY IN ORDER MAILING FROM
C      DTR,DTD ... DELAY OF GOODS IN TRANSIT TO
C      DPF ... DELAY IN PRODUCTION LEAD TIME
C
C      MEASUREMENT IS UNITS
C
C      CFR,CPD,CPF ... CLERICAL IN-PROCESS ORDERS
C      IAR,IAD,IAF ... INVENTORY ACTUAL
C      IDR,IDD,IDF ... INVENTORY DESIRED
C      LAR,LAD,IAF ... PIPE-LINE ORDERS ACTUAL FROM
C      LDR,LDD,LDF ... PIPE-LINE ORDERS DESIRED IN TRANSIT TO SUPPLY
C      MTR,MTD,MTF ... MATERIAL IN TRANSIT TO
C      PMR,PMD,PMF ... PURCHASE ORDERS IN MAIL FROM
C      UMR,UND,UNF ... UNFILLED ORDERS, NORMAL,
C      OPF ... ORDERS IN PRODUCTION
C
C      MEASUREMENT IS UNITS/WEEK
C
C      NIR,NID,NIF ... NEGATIVE INVENTORY LIMIT RATE
C      PDR,PDD,PDF ... PURCHASING RATE DECISION
C      PSR,PSD,PSF ... PURCHASE ORDERS FROM
C      RRR,RRD,RRF ... REQUISITIONS RECEIVED
C      RSR,RSD,RSF ... REQUISITIONS SMOOTHED
C      SPR,SRD,SRF ... SHIPMENTS RECEIVED
C      SSR,SSD,SSF ... SHIPMENTS SENT FROM
C      STR,STD,STF ... SHIPPING RATE TO BE TRIED
C      UOP,UOD,UOF ... UNFILLED ORDERS (MEASURED IN UNITS OF GOODS ON ORDER)
C      MOF ... MANUFACTURING ORDERS INTO FACTORY
C      MWF ... MANUFACTURING RATE WANTED AT FACTORY
C
C
C
C

```

生産流通システムのフォレスター・モデルについて

```

REAL IAR,IAD,IAF,IDR,IDD,IDF,LAR,LAD,LAF,LCR,LDD,LDF
REAL NIR,NID,NIF,MTR,MTD,MOF,MDF,MWF
DIMENSION RRR(2),RRD(2),RRF(2),RSR(2),RSD(2),RSF(2)
DIMENSION UOR(2),UOD(2),UOF(2),IAR(2),IAD(2),IAF(2)
DIMENSION CPR(2),CPD(2),CPF(2),PMP(2),PMD(2)
DIMENSION SSR(2),SSD(2),SSF(2),SRP(2),SRD(2),SRF(2)
DIMENSION MTR(2),MTD(2),MOF(2),FDR(2),FDD(2),MDF(2)
DIMENSION FSR(2),FSD(2),OPF(2)
COMMON/COMO/DT,TIME,WEEKS
COMMON/COM1/J,K,JK,KL
COMMON/COM2/DHR,DHD,DHF,DUR,DUD,DUF,AIR,AID,AIF,DRP,DRD,DRF
COMMON/COM3/DIR,DID,DIF,DCR,DCD,DCF,DMR,DMD,DPF,DTR,DTD,TRI,ALF

```

```

C      INITIAL CONDITIONS
C      TIME = SET(0,0) 15-SET
C      RETAIL SECTOR
RRP(JK) = RRI 15-54,N
RSR(JK) = RRP(JK) 15-57,N
UOP(J) = RSP(JK) * (DHR+DUR) 15-55,N
IAR(J) = AIR * RSP(JK) 15-56,N
CPR(J) = DCR * RRR(JK) 15-58,N
PMP(J) = DMR * RRP(JK) 15-59,N
MTR(J) = DTR * RRR(JK) 15-60,N
SSR(JK) = RSR(JK) 15-EX,N
FSP(JK) = RRP(JK) 15-EX,N
PDR(JK) = RRP(JK) 15-EX,N
SRP(JK) = RRP(JK) 15-EX,N
C      DISTRIBUTOR SECTOR
RRD(JK) = RRP(JK) 15-61,N
RSD(JK) = RPD(JK) 15-64,N
UOD(J) = RSD(JK) * (DHD+DUD) 15-62,N
IAD(J) = AID * RSD(JK) 15-63,N
CPD(J) = DCD * RRD(JK) 15-65,N
PMD(J) = DMD * RRD(JK) 15-66,N
MTD(J) = DTD * RRD(JK) 15-67,N
SSD(JK) = RRR(JK) 15-EX,N
FDD(JK) = RRD(JK) 15-EX,N
PSD(JK) = RRD(JK) 15-EX,N
SRD(JK) = RPD(JK) 15-EX,N
C      FACTORY SECTOR
RRF(JK) = RRP(JK) 15-68,N
RSF(JK) = RPF(JK) 15-71,N
UOF(J) = RSF(JK) * (CHF+DUF) 15-69,N
IAF(J) = AIF * RSF(JK) 15-70,N
CPF(J) = DCF * RSF(JK) 15-72,N
DPF(J) = DPF * PSF(JK) 15-73,N
MOF(JK) = RRF(JK) 15-EX,N
MDF(JK) = RRF(JK) 15-EX,N
SSF(JK) = RPD(JK) 15-EX,N
SRF(JK) = MOF(JK) 15-EX,N

```

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

```

900 UOR(K) = UOR(J) + DT*(RRR(JK) - SSR(JK))
IAR(K) = IAR(J) + DT*(SRR(JK) - SSR(JK))
RSP(K) = RSR(J) + DT/DRR*(RRR(JK) - RSR(J))
IDR = AIR * RSP(K)
DFR = DHR + DUR*IDR/IAR(K)
STR = UOR(K) / DFR
NIR = IAR(K) / DT
SSR(KL) = CLIP(STR,NIR)
UNR = RSR(KL) * (DHR + DUR)
CPR(K) = CPR(J) + DT*(PDR(JK) - PSR(JK))
FSR(KL) = DELAY3(PDR(JK),DCR,1)
PMR(K) = PMR(J) + DT*(PSR(JK) - RPD(JK))
RRD(KL) = DELAY3(PSR(JK),DMP,2)
MTR(K) = MTR(J) + DT*(SSD(JK) - SRR(JK))
SRR(KL) = DELAY3(SSD(JK),DTR,3)
UOD(K) = UOD(J) + DT*(RRD(JK) - SSD(JK))
IAD(K) = IAD(J) + DT*(SRD(JK) - SSD(JK))
RSD(K) = RSD(J) + DT/DRD*(RRD(JK) - RSD(J))
IDD = AID * RSD(K)
DFD = DHD + DUD*IDD/IAD(K)
LDR = RSR(K) * (DCR + DMR + DFD + DTR)
LAP = CPR(K) + PMR(K) + UOD(K) + MTR(K)
PDR(KL) = RRR(JK) + IDR - IAR(K) + LDP - LAP + UOR(K) - UNR / DIR
STD = UOD(K) / DFD
NID = IAD(K) / DT
SSD(KL) = CLIP(STD,NID)
CPD(K) = CPD(J) + DT*(PDO(JK) - PSD(JK))
PSD(KL) = DELAY3(PDO(JK),DCD,4)
PMC(K) = PMD(J) + DT*(PSD(JK) - RPF(JK))
RRF(KL) = DELAY3(PSD(JK),DMD,5)
MTD(K) = MTD(J) + DT*(SSF(JK) - SPD(JK))
SPD(KL) = DELAY3(SSF(JK),DTD,6)
UOF(K) = UOF(J) + DT*(RPF(JK) - SSF(JK))
IAF(K) = IAF(J) + DT*(SPF(JK) - SSF(JK))
RSF(K) = RSF(J) + DT/DRF*(RRF(JK) - RSF(J))
IDF = AIF * RSF(K)
OFF = DHF + DUF*IDF/IAF(K)
LDD = RSD(K) * (DCD + DMD + DFD + DTD)
LAD = CPD(K) + PMD(K) + UOF(K) + MTD(K)
UND = RSD(K) * (DHD + DUD)
PDD(KL) = RPD(JK) + (LDD - IAD(K) + LDD - LAD + UOD(K) - UND) / DID
STF = UOF(K) / DFF
NIF = IAF(K) / DT
SSF(KL) = CLIP(STF,NIF)
CPF(K) = CPF(J) + DT*(MOF(JK) - MOF(JK))
MOF(KL) = DELAY3(MOF(JK),DCF,7)
OPF(K) = OPF(J) + DT*(MOF(JK) - SPF(JK))
SPF(KL) = DELAY3(MOF(JK),DPF,8)
LDF = RSF(K) * (DCF + DPF)
LAF = CPF(K) + OPF(K)
UNF = RSF(K) * (DHF + DUF)
MWF = RPF(JK) + (IDF - IAF(K) + LDF - LAF + UOF(K) - UNF) / DIF
RCR = CYCLE(RRI,TIME)
RRR(KL) = RPI + RCR
RRR(JK) = RRR(KL)
IND = SIGNAL(TIME,DT)
GO TO (1,2),IND
1 CALL PLOT(RRR(KL),RRD(KL),RRF(KL),MOF(KL),SPF(KL),2000.0,
* IAR(K),IAD(K),IAF(K),UOF(K),10000.0,DFE,10.0)
2 TIME = FLIP(J,K,JK,KL)
IF (TIME.GE.WEEKS) STOP
GO TO 900
END

```

15-01,L
15-02,L
15-08,L
15-07,A
15-06,A
15-03,A
15-04,A
15-05,R
15-12,A
15-13,L
15-14,R
15-15,L
15-16,R
15-17,L
15-18,R
15-19,L
15-20,L
15-26,L
15-25,A
15-24,A
15-10,A
15-11,A
15-09,R
15-21,A
15-22,A
15-23,R
15-31,L
15-32,R
15-33,L
15-34,R
15-35,L
15-36,R
15-37,L
15-38,L
15-44,L
15-43,A
15-42,A
15-28,A
15-29,A
15-30,A
15-27,R
15-39,A
15-40,A
15-41,P
15-50,L
15-51,R
15-52,L
15-53,R
15-47,A
15-48,A
15-49,A
15-45,A
15-46,R
15-75,A
15-74,P
15-74,R
15-EX,T
15-EX,F
15-EX,F
15-EX,F

生産流通システムのフォレストー・モデルについて

```

FUNCTION SET(T)
COMMON/COMO/DT,TIME,WEEKS
COMMON/COM1/J,K,JK,KL
COMMON/COM2/DHR,DHD,DHF,DUR,DUD,DUF,AIR,AID,AIF,DRR,DRD,DRF
COMMON/COM3/DIP,DID,DIF,DCR,DCD,DCF,DMR,DMD,DPF,DTR,DTD,RRI,ALF
J = 1
K = 2
JK = 1
KL = 2
READ(2,210) DT,WEEKS
READ(2,220) DHR,DHD,DHF,DUR,DUD,DUF,AIR,AID,AIF
READ(2,220) DRR,DRD,DRF,DIP,DID,DIF,DCR,DCD,DCF
READ(2,230) DMR,DMD,DPF,DTR,DTD,RRI,ALF
WRITE(3,310)
WRITE(3,320) DHR,DHD,DHF,DUR,DUD,DUF,
*AIR,AID,AIF, DRR,DRD,DRF,DIP,DID,DIF,
*DCR,DCD,DCF, DMR,DMD,DPF,DTR,DTD,RRI,ALF
SET= T
RETURN
210 FORMAT(2F8.0)
220 FORMAT(9F8.0)
230 FORMAT(7F8.0)
310 FORMAT(1H1,20X,25H** INDUSTRIAL DYNAMICS **)
320 FORMAT(1H0,9X,5HDHR =,F5.1,3X,5HDHD =,F5.1,3X,5HDHF =,F5.1,/
* 1H0,9X,5HDUR =,F5.1,3X,5HDUD =,F5.1,3X,5HDUF =,F5.1,/
* 1H0,9X,5HAIR =,F5.1,3X,5HAID =,F5.1,3X,5HAIF =,F5.1,/
* 1H0,9X,5HDDR =,F5.1,3X,5HDDR =,F5.1,3X,5HDFR =,F5.1,/
* 1H0,9X,5HDIR =,F5.1,3X,5HDID =,F5.1,3X,5HDIF =,F5.1,/
* 1H0,9X,5HDCR =,F5.1,3X,5HDCD =,F5.1,3X,5HDCF =,F5.1,/
* 1H0,9X,5HDMR =,F5.1,3X,5HDMD =,F5.1,3X,5HDPF =,F5.1,/
* 1H0,9X,5HDTR =,F5.1,3X,5HDTD =,F5.1,3X,5HRR =,F10.0/
* 1H0,9X,5HALF =,F10.0)
END

FUNCTION DELAY3(R,D,N)
DIMENSION RD(3,9)
COMMON/COMO/DT,TIME,WEEKS
IF(TIME) 1,1,2
1 DO 5 I=1,3
5 RD(I,N) = R
2 DEL = 3.*DT/D
RD(3,N) = RD(3,N) + DEL*(RD(2,N) - RD(3,N))
RD(2,N) = RD(2,N) + DEL*(RD(1,N) - RD(2,N))
RD(1,N) = RD(1,N) + DEL*(R - RD(1,N))
DELAY3 = RD(3,N)
RETURN
END

FUNCTION CLIP(P,Q)
EPSI=0.0
IF(P) 3,3,4
3 P=EPSI
4 IF(Q - P) 1,1,2
1 CLIP = Q
RETURN
2 CLIP = P
RETURN
END

```

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

```

SUBROUTINE PLOT(RRR,RRD,RRF,MOF,SRF,SF1,
* IAR,IAD,IAF,UOF,SF2,DFF,SF3)
REAL MOF,IAR,IAD,IAF
INTEGER GRAPH
DIMENSION GRAPH(100),INDEX(10),MONJI(10)
C
COMMON/COMO/DT,TIME,WEEKS
ESP= 0.00001
IF (TIME-ESP) 11,11,12
11 P1 = 100./SF1
P2 = 100./SF2
P3 = 100./SF3
MONJI( 1) = 1HR
MONJI( 2) = 1HD
MONJI( 3) = 1HF
MONJI( 4) = 1HM
MONJI( 5) = 1HS
MONJI( 6) = 1HR
MONJI( 7) = 1HC
MONJI( 8) = 1HA
MONJI( 9) = 1PU
MONJI(10) = 1HW
WRITE(3,310) (MONJI(I),I=1,10)
WRITE(3,320)
C
12 INDEX( 1) = P1*RRR
INDEX( 2) = P1*RRD
INDEX( 3) = P1*RRF
INDEX( 4) = P1*MOF
INDEX( 5) = P1*SRF
INDEX( 6) = P2*IAR
INDEX( 7) = P2*IAD
INDEX( 8) = P2*IAF
INDEX( 9) = P2*UOF
INDEX(10) = P3*DFF
DO 30 I=1,100
30 GRAPH(I) = 1H
DO 60 K=1,10
I = INDEX(K)
IF (I) 35,35,36
35 I = 1
GO TO 55
36 IF (I-100) 40,40,50
40 GRAPH(I) = MONJI(K)
GO TO 60
50 I = 100
55 GRAPH(I) = 1H*
60 CONTINUE
WRITE(3,330) TIME, (GRAPH(I),I=1,100)
RETURN

```

生産流通システムのフォレスト・モデルについて

```

310 FORMAT(1H1,20X,25H** INDUSTRIAL DYNAMICS **, /
*      1H0,9X,A1,1X,11H= RRR (U/W),2X,A1,1X,11H= RRD (U/W),
*      2X,A1,1X,11H= RRF (U/W),2X,A1,1X,11H= MOF (U/W),
*      2X,A1,1X,11H= SRF (U/W), /
*      1H0,9X,A1,1X,11H= IAR UNITS,2X,A1,1X,11H= IAD UNITS,
*      2X,A1,1X,11H= IAF UNITS,2X,A1,1X,11H= UOF UNITS,
*      2X,A1,1X,11H= DFF WEEKS, /)
320 FORMAT(1H0,3X,4HRATE,3H 0,23X,3H500,21X,4H1000,21X,4H1500,21X,
*      4H2000,1X,5H(U/W), /
*      1H0,3X,5HLEVEL,2H 0,47X,4H5000,45X,5H10000,1X,5HUNITS, /
*      1H0,3X,5HWEEKS,2H 0,8X,2H 1,8X,2H 2,8X,2H 3,8X,2H 4,8X,
*      2H 5,8X,2H 6,8X,2H 7,8X,2H 8,8X,2H 9,8X,3H 10,1X,
*      5HWEEKS, /
*      1H0,4X,6HTIME I,4(4(4X,1H.),4X,1HI))
330 FORMAT(1H ,2X,F5.1,2X,1HI,50A1,50A1,1HI)
      END

```

```

FUNCTION CYCLE(P,T)
  IF(T - 12.) 1,2,2
1  CYCLE = 0.0
  RETURN
2  IF(T - 104.) 3,4,4
3  CYCLE = 0.1*P
  RETURN
4  Q = 0.1*P
  PAI= 3.141592
  R = T/52.
  R = 2.*PAI*R
  CYCLE= Q*SIN(R)
  RETURN
END

```

```

FUNCTION SIGNAL(T,D)
  ICLOCK = T/D
  MCLOCK = MOD(ICLOCK,20)
  IF(MCLOCK) 1,1,2
1  SIGNAL = 1
  RETURN
2  SIGNAL = 2
  RETURN
END

```

```

FUNCTION FLIP(J,K,JK,KL)
  COMMON/COMO/DT,TIME,WEEKS
  II= J
  J = K
  K = II
  II= JK
  JK= KL
  KL= II
  FLIP = TIME + DT
  RETURN
END

```

参 考 文 献

- 1) Jay W. Forrester, "Industrial Dynamics", The M. I. T. Press, 1961.
- 2) Jay W. Forrester, "Principles of Systems", Wright-Allen Press, 1969.
- 3) W. Edwin Jarmain Editor, "Problems in Industrial Dynamics", The M. I. T. Press, 1965.
- 4) Alexander L. Pugh, "Dynamo User's Manual", The M. I. T. Press, 1963.
- 5) H. R. Hamilton, "Systems Simulation for Regional Analysis", The M. I. T. Press, 1969.
- 6) Jay W. Forrester, "World Dynamics", Wright-Allen Press, 1971.
- 7) Jay W. Forrester, "Urban Dynamics", The M. I. T. Press, 1969.
- 8) J. W. フォレスト著、石田晴久・小林秀雄共訳, "インダストリアル・ダイナミックス", 紀伊国屋書店, 1971.
- 9) 渡辺一司著, "インダストリアル・ダイナミックスの基礎理論", 東洋経済新報社, 1968.
- 10) E. B. ロバーツ著、坂倉省吾・渡辺一司・藤本謹也訳, "新製品開発とインダストリアル・ダイナミックス", 東洋経済新報社, 昭和41年9月.
- 11) 渡辺一司・坂倉省吾著, "インダストリアル・ダイナミックス", 東洋経済新報社, 1963.
- 12) 言美吉二著, "インダストリアル・ダイナミックスと経営管理システム設計の原理", 追手門経済論集, 第2巻2号, p. 60~p. 80, 昭和43年3月.
- 13) 渡辺一司著, "管理工学入門", 東洋経済新報社, 昭和44年5月.
- 14) 坂倉省吾著, "インダストリアル・ダイナミックス入門", 日本経済新聞社, 昭和45年5月.
- 15) 渡辺一司著, "製造システムのダイナミックス", オペレーションズ・リサーチ Vol. 15, No. 9, p. 27~p. 39, 1970年9月号.
- 16) 小玉陽一編著, "System Dynamics の諸モデル", ソフトサイエンス社, 1971.
- 17) 全国IBMユーザー協議会編, "'70経営機械化シンポジウム", 日本経営出版会, 1970.
- 18) 野藤泰昇著, "Production System and Control Simulator", 星陵合論集, 第2巻第2号, p. 98~p. 128, 神戸商科大学大学院研究会, 1969.