文献抄録

Schvieber, B.A., "Can Systems Analysis Solve the Transportation Problem?" *Mechanical Engineering*, July 1969, 14-18.

〔運輸／システム分析／応用的〕

米国では多くの人が輸送問題に関係しているが，大切なことを大切であるという人が少い．まず，輸送需要の定義が第1である．促進させるもとが何かを決めたうえ，うまくゆかない点が何かを見きわめよう．

プラスの面としては，米国では大ていの社会の要求に応じられる技術があるので，誰もが輸送問題には関心をもっている．さらに産業界でも一部でしか知られていないし，産業界以外ではほとんど知られていない有力なシステム分析（Systems Analysis. 以下ＳＡと略す）という手法がある．

しかし，マイナス面の方がプラス面より多い．まず過去15年間にわれわれの知識は2倍になったほど技術の進歩がいちじるしいのに対して，政治や社会の進歩はこれについてゆけない．連邦政府は国内の諸問題に対して新しい機関を設置したが，そこでは権限が細分化され責任の所在がはっきりしない．州政府以下の地方機関では減税をしながらやってゆくのは大変なので，連邦政府の諸機関に問題解決を転嫁する．そして，輸送とか住宅建設はそれ自体で自治機関となっているので住民の声が充分反映されない．つぎにはＳＡと実務の間にギャップがある．ということは，決定者——目標を決め各代案を評価する——がはっきりしていないからだ．計画よりも，計画を決めるプロセスの方が大切である．手法を作る，運営をする，設備をする側，利用者，非利用者などの間で充分議論して，この問題に取組むべきだ．一番大切なことは，人間が中心だということで，この人間がそれぞれ勝手なことを言う取り扱いにくいしろものだ．

都市問題に対しては産業界で使われている解法が役に立つとは思わない人が多いというが，産業界のエネルギーとその解法以外に解法はない．こういったからといって，政府は口を出すなといっているのではない．むしろ，政府はもっと積極的にリーダーシップをとるべきだ．

計画の中に住民の声を取り入れ，いろいろな案を人々にわかりやすい言葉で述べるのは計画者の責務である．もちろん，議論のための議論にしてはならない．工学がわれわれのために何をしてくれるか？ではなく，われわれのために役立つ工学は何か？とすべきである．

ＳＡは別名をＯＲというが，多くの人をつかんでいないと不平をならす専門家がいるし，このテクニックを信じない人も多い．ＳＡによる良さとは，同じデータなら誰がやっても同じ結果が出るということだ．しかし，データが不正確なら誤った結果しか出てこない．もう1つの欠点は，数学モデルに走りやすいという点である．たとえば，輸送関係ではすぐ origin-destination（発着地）の研究をやりたがるが，これには時間がかかりすぎるのであまり役に立つとはいえない．もう1つ，うっかりして見落しやすい点は，ある人のシステムは他の立場からすると，より大きいシステムのサブシステムにすぎないことがある．最後に，ＳＡは決定者の代用品ではない．ＳＡその他の手法は，マネジャーのために各案の利害得失を比較するだけにすぎない．いよいよ決定が下されるためには，直観や主観的判断の熟練した技術がいるのである．

需要が何かをはっきりさせないことが，一番わるい．このため，われわれの貴重な資産やエネルギーが浪費されている．これが各案の利害得失を判断するスタッフをもっていない政府の各クラスの決定者の間で混乱をおこす原因である．いろいろ案はあるが，どれを取るべきか，誰もが知らない．各案は大きくくいちがっている．しかし，この選択ができるよう管理者や経営者を助ける方法を探さなければならない．輸送関係についていえば，科学者や技術者によるハードウェアの決定と，政治社会からの決定との間のギャップが大きい．このギャップに橋わたしするよう努力して，はじめて問題がとけるようになろう．必要なことは，決定を下すテクニックである．計画は人間中心でたてるべきで，機械中心でやってはいけない．（矢部　真）

Wright, Gordon P., "Optimal Ordering Policies for Inventory Systems with Emergency Ordering," *Operational Research Ouarterly*, **20**, 1 (1969), 111-124.

〔在庫／最適化／理論的〕

2つの発注方法があり，1つは正規発注でこれによると納入期間は λ_n(一定) かかり，もう1つは緊急発注で，納入期間は $\lambda_e=\lambda_n-1$ である．各期の需要は同一で独立な確率分布を持つとし，費用については，購入費用は線型（正規発注の購入単価は緊急発注のそれより低いものとする），在庫費用，品切れ費用は凸としたとき，N 期間の費用を最小にする正規発注量，緊急発注量を求める問題を扱っている（なお在庫の不足分は backlog される）．

製品が1種類の時，x_i は，i 期の発注前の手持ち＋発注ずみ量，y_{i0}, y_{i1} は，それぞれ i 期の緊急発注，正規発注後の手持ち＋発注ずみ量とするとき，λ_n, λ_n+1, ……, λ_n+N 期間の総期待費用を λ_n+1 期のはじめに割引いた費用は，

$$C_N(x_1|Y)=\sum_{i=1}^{N-1}\alpha^i E G_i(y_{i-1,1}, y_{i0})+[y_{i1}, y_{i0}\ \text{に無関係な項}]$$

となり，$D_1G_i(\bar{y}, \overline{m})=0$, $D_2G_i(\bar{y}, \overline{m})=0$ $(i=1, \cdots\cdots, N-1)$, $D_1G_N(\hat{y}, \hat{m})=0$, $D_2G_N(\hat{y}, \hat{m})=0$($D$ は偏微分をあらわす) となる $\bar{y}$, $\overline{m}$, $\hat{y}$, $\hat{m}(\overline{m}\le\overline{m}\le\hat{y}\le\bar{y})$ により，最適政策は，$(\overline{m}, \bar{y}, \hat{m}, \hat{y})$ 型政策となる．すなわち，第 i 期 $(i=1, 2, \cdots\cdots, N=2)$ において，$x_i<\overline{m}$ ならば，緊急発注量 $\overline{m}-x_i$, 正規発注量 $\bar{y}-\overline{m}$, $\overline{m}\le x_i<\bar{y}$ ならば，正規発注のみ $\bar{y}-x_i$, $x_i\ge\bar{y}$ ならば，なにも発注しない．また，第 $N-1$ 期では，$x_{N-1}<\overline{m}$ ならば，緊急発注 $\overline{m}-x_{N-1}$，正規発注 $\hat{y}-\overline{m}$, $\overline{m}\le x_{N-1}<\hat{y}$ ならば，正規発注のみ $\hat{y}-x_{N-1}$, $\hat{y}\le x_{N-1}$ ならば，なにも発注しない．第 N 期では，$x_N<\hat{m}$ ならば，緊急発注のみ $\hat{m}-x_N$, 他の場合は，なにも発注しない．

製品が2種類ある場合には，DPの定式化により，

$$C_N(x_1|Y)=[(c_0-\alpha c_1)y_{0i}+L(y_{0i})+\alpha c_1 y_{1i}+\alpha E\{C_{N-1}(y_{1i}-\xi|Y)\}]$$

$$C_0(x)=-c_1\cdot x$$

（ここで，x_i, y_{0i}, y_{1i}, c_0, c_1 は2次元ベクトル）

となり，各期の総発注量に制限がある場合には，N 期間モデルに対する最適政策は，$m^*=(m_1^*, m_2^*)$, (Z_{N1}^*, Z_{N2}^*), $M_N(x_1)=[M_{N1}(x_1), M_{N2}(y_2)]$, $\gamma_{N1}(x_{12})$, $\gamma_{N2}(x_{11})$, $\gamma_{N1}^*(x_{12})$, $\gamma_{N2}^*(x_{11})$ により，次のようにあらわされる．

Region	製品1	製品2
〔最適緊急発注量〕		
$R1$, $R2$, $R6$, $R7$	発注せず	発注せず
$R3$	max$[m_1^*, x_{11}]$ まで発注	max$[m_2^*, x_{12}]$ まで発注
$R4$, $R9$, $R15$	発注せず	m_2^* まで発注
$R5$, $R8$, $R14$	m_1^* まで発注	発注せず
$R10$	$\gamma_{N1}^*(x_{12})$ まで発注	発注せず
$R11$	発注せず	$\gamma_{N2}^*(x_{11})$ まで発注
$R12$	$x_{11}+R/\gamma_1$ まで発注	発注せず
$R13$	発注せず	$x_{12}+R/\gamma_2$ まで発注
$R16$	min$[M_{N1}(x_1), m_1^*]$ まで発注	min$[M_{N2}(x_1), m_2^*]$ まで発注
〔最適正規発注量〕		
$R1$, $R10$, $R11$, $R12$, $R13$	発注せず	発注せず
$R2$, $R3$, $R4$, $R5$	min$[M_{N1}(x_1), Z_{N1}^*]$ まで発注	min$[M_{N2}(x_1), Z_{N2}^*]$ まで発注
$R6$, $R8$	$\gamma_{N1}(x_{12})$ まで発注	発注せず
$R7$, $R9$	発注せず	$\gamma_{N12}(x_{11})$ まで発注
$R14$	$M_{N1}(x_1)$ まで発注	$M_{N2}(x_1)$ まで発注
$R15$	max$[M_{N1}(x_1), x_{11}]$ まで発注	max$(M_{N2}(x_1), x_{12}]$ まで発注
$R16$	$M_{N1}(x_1)$ まで発注	$M_{N2}(x_1)$ まで発注

（反町迪子）

Evans, Richard V., "Inventory Control of By-Products," *Naval Research Logistics Quarterly*, **16**, 1 (1969), 85–92.

〔在庫／最適化／理論的〕

n 種の製品を考えるが，それ等は，同時にある一定の割合で製造されるものとする．各製品に対する需要は，n 次元確率変数 (D) で，D は各期独立で同一分布を持つとする．在庫が不足した場合には，backlog する場合と，そのまま放置して需要が失われてしまう場合とを考える．

DPで定式化すると，

$$f_n(x)=\min_{\theta\ge 0}\{C(\theta z)+L(x+\theta z)+\alpha E(f_{n-1}(T(x+\theta z, d))\}$$

$$f_1(x)\equiv 0$$

ここで，θ：生産水準，y：発注後の在庫量，x：発注前の在庫量，z：1単位の製造によって得られる製品の製造量(y, x, z は n 次元ベクトル)，T：期末在庫量，$L(y)$：発注後の在庫量が y のときの1期間の期待費用，凸関数とする．$C(\theta z)$：製造費用で $C(\theta z)=\begin{cases}0 & \theta=0\\ C_\theta+K & \theta>0\end{cases}$

N 期の最適政策が次のような簡単な構造を持つか

どうかを調べている.

(1) $\theta_N{}^*(x)z=\begin{cases} y_N{}^*(x)-x & x\leq y_N{}'(x) \\ 0 & x\geq y_N{}'(x) \end{cases}$

ここですべての実数 Bに対して，$y_N{}^*(x)=y_N{}^*(x+Bz)$, $y_N{}'(x)=y_N{}'(x+Bz)$ である.

まず backlog する場合には，$T(x+\theta z,\ d)-x+\theta z-d$ となり，fが z 方向に関してk-convex である，つまり，$f(\delta z)$が，fはn次元の点 z の上で定義されてはいるが，スカラー変数δに関する1次元k-conbex であることを使うと，最適政策が(1)の型となることが，1次元(1種類の製品のみを考える)の場合と全く同様にしていえる.

nonbacklog の場合には，発注固定費 $K=0$，製品は2種($n=2$)，費用はすべて線型の場合には，最適政策が(1)の型となることが，凸性を使っていえるが，$K>0$の場合にはうまくいかない.

(反町迪子)

Leneman, Oscar A. Z. and Frederick J. Beutler, "On a New Approach to the Analysis of Stationary Inventory Problems," *Naval Research Logistics Quarterly,* **16,** 1 (1969), 1-16.

〔在庫／定常点過程／理論的〕

定常在庫問題においては，ある在庫政策のクラスを定め，その中の特定の政策をとったときの，各時点の在庫量 ($X(t)$) が確率過程をなすとき，その極限分布を求め，それにもとづいて，平均費用を計算し，費用最小にする政策をそのクラスの中からえらぶ．その $X(t)$ の極限分布を，従来の再帰的な方法とは別の定常点過程 (S. P. P. と書く) にもとづく直接的な方法で求めている.

S.P.P.$\{t_n\}$に対して

$L_k(t)$：時刻tから，t以後でk番目の点までの区間

$$X_n\equiv t_{n+1}-t_n$$

$$G_n(x)=P[L_n(t)\leq x] \quad \text{と定義すると}$$

$$\lim_{x\to 0}\frac{G_2(x)}{G_1(x)}=0 \quad \text{ならば} \quad \sum_{n=2}^{\infty}G_n(x)=0(x)$$

(1) $G_1(x)=\beta x+0(x)$

(β は単位時間当りの点の数の平均)

また，$F_k(x)=P[L_k(t)\leq x|t=t_n$, ある n に対して$]$ とすると，x_nが同一分布を持つときには，

(2) $F_k(x)=P[X_1+X_2+\cdots\cdots+X_k\leq x]$

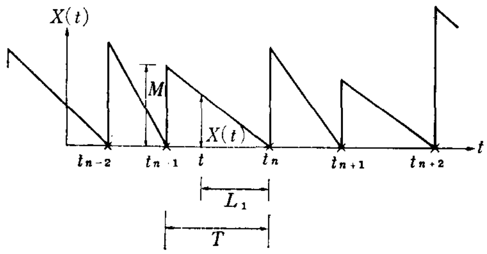
さらに，$F_k(x)=1-\beta^{-1}\sum_{j=1}^{k}g_j(x) \quad x\leq 0$

$$(G_n{}'(x)=g_n(x))$$

(3) $E(X_n)=\beta^{-1}$

以上の S.P.P.の結果を定常在庫過程に使った例が示されている.

例1 時間パラメタが連続の場合で，在庫量が0になった時には，いつでもMだけ発注し，即時納入される．在庫量は単位時間当りλの一定率で処分される．Mとλは，各サイクルに対して，同一の確率密度関数 f_M，f_λ を持つ独立確率変数である．システムが定常状態に到達するならば，$X(t)$の密度関数を求めよ.



$X(t)$は定常確率過程である．在庫の到着時点$\{t_n\}$は S.P.P. をなす．図のように1サイクルをTとする．$T=\frac{M}{\lambda}$で同一分布を持つ.

単位時間あたりの在庫の到着数の平均βは，(3)より

$$\beta=\frac{1}{E(T)}=\frac{1}{E(M)\cdot E(1/\lambda)}$$

$A_0=\{(t,t+y)$ の間に在庫が到着しない$\}$

$A_1=\{(t+y,\ t+y+dy)$ の間に在庫が1回到着する$\}$

とすると，

$$\begin{aligned} &P\{[x<X(t)\leq x+dx]\cap[y<L_1(t)\leq y+dx]\} \\ &=P(A_1)\cdot P\{[x<X(t)\leq x+dx]\cap[A_0|A_1]\} \\ &=\beta dyP\{[x<\lambda y\leq x+dx]\cap[T>y]\} \\ &=\beta dyP\left\{\left[\frac{x}{y}<\lambda\leq\frac{x}{y}+\frac{dx}{y}\right]\cap\left[\frac{M}{\lambda}>y\right]\right\} \\ &=\beta dyf_\lambda\left(\frac{x}{y}\right)\frac{dx}{x}[1-F_M(x)] \end{aligned}$$

(F_M は Mの分布関数)

従って

$$P[x<X(t)\leq x+dx]=\beta dx\,[1-F_M(x)]\,E\left(\frac{1}{\lambda}\right)$$

$$f_X(x)=[1-F_M(x)]/E(M)$$

を得る.

例2 時間パラメタが離散的な場合で，$(s,\ S)$政策をとった時の (納入遅れは0，不足分は backlog される場合) $X(t)$ の極限分布を求める.

発注時点を $\{t_n\}$ とすると $\{t_n\}$ は S.P.P.となる.

$X_n = t_{n-1} - t_n$は独立で同一分布のサイクル区間となる．1サイクルを $T=NT_0$ とおくと，Nは，Sをs以下にへらすに要する（長さT_0の）期の数をあらわす．

$Y_1, Y_2, \cdots\cdots$を各期の需要，$S_n = Y_1 + \cdots\cdots + Y_n$とおく．

(3)より，

$$\beta = \frac{1}{E(T)} = \frac{1}{T_0 E(N)} = \{T_0[1+H(S-s)]\}^{-1}$$

ここで，$H(t) = \sum_{n=1}^{\infty} Q_n(t)$，$Q_n(t)$ は S_n の分布関数．

例1と同様の考え方で，従来と同じ次の結果を得る．

$$f_X(x) = \begin{cases} [1+H(S-s)]^{-1} h(S-x) & s < x \leq S \\ [1+H(S-s)]^{-1} \{q_1(S-x) \\ \quad + \int_0^{S-s} q_1(S-x-u)h(u)du\} & x \leq s \end{cases}$$

例3　時間パラメタが連続で，2つの容器A，Bの中に在庫が貯蔵されているとする．Aの在庫がなくなるまで使い，なくなったら発注するが納入期間がτ（確率変数）であるので，その間はBの在庫を使う．Bの在庫が切れてしまう時には backlog する．納入されるとAの在庫はM(確率変数)，Bは一定量sとなる．単位時間あたり一定率λ（確率変数）で需要が発生する．各サイクルで，M, τ, λ は互に独立とする．この時 $X(t)$ の確率密度を求める．

例4　例3で，需要が単純ポワソン過程をなす場合で，各発注サイクル期間中，ポワソン・パラメタλは同一の確率密度 f_λ をもった確率変数とする．この時 $P[X(t)=k]$ を求める．　　　（反町迪子）

Onaga, K., "Maintenance and Operating Characteristics of Communication Netwovks," *Operations Research*, **17**, 2 (1969), 311–336.

〔保全／最適化／理論的〕

統計的サービス・システムとして通信網の保全をとりあげ，修理サービス窓口の最適数，与えられた人力の各局への最適配分を論じる．また，網の運用特性にも言及する．まず，故障間隔，修理時間を負の指数分布，着順処理，m人チームの修理能力を1人の場合の m^r $(0 \leqq r \leqq 1)$ 倍と仮定する．この場合の稼動率，支障時間等の定常解は知られている．サービス窓口数sは支障時間（待合時間＋修理時間）最小となるよう，rに関連して決まる境界値の数列より求める．この境界値は高次代数方程式の数値解を描いた図表（修理要求を出す素子数N，窓口の閉塞率 q, r, s の関係）より求める．コストに窓口比例で増す要素がある場合も考える．次いで，通信量，完了通話による利得，不通による損失，稼働率等で決まる総利益が最大となるような修理人の各局への配置を Lagrange 未定乗数法により求める．人数を連続数とみなして微分を行ない，得られた連立方程式は試行錯誤と図表（s, N, q, 稼働率の関係等）の助けを借りて繰返し法により解き，結果を丸めて整数解とする．人数で制限される場合と経費で制限される場合を考え，実際の計算例を示す．

最後に通信網の運用特性として平均支障時間，稼働時間，平均更新数，稼働率，復旧時間（時間x後に故障が復旧する確率）分布，平均端子間容量（2局間の通信容量）を考察する．直列接続，並列接続，直並列接続（含まれる直列，並列それぞれの故障・復旧時間分布を指数分布で近似）におけるこれらの運用特性の近似解を与える．特に網の能力の実効的尺度となる平均端子間容量については上限，下限の数列を求める簡単な方法を与える．上限は統計変量である回線の容量を平均値で置き換えることにより得られ，下限は平均端子間容量に寄与している幾つかの状態を計算から省いて得られる．（小平邦夫）

Kunreuther, Howard, "Extensions of Bowman's Theory on Managerial Decision-Making," *Management Science*, **15**, 8 (1969), B 415–439.

〔経営／回帰分析／応用的〕

この論文は，Bowman が "Consistency and Optimality in Managerial Decision Making" (*Management Science*, Vol. 9, No. 2) で主張した，経営者の意思決定に関する仮説を実証しようとしたもので，著者の博士論文をもとにしたものである．

Bowman の主張は，経営者の意思決定はかなり分散の大きいものではあるが，平均してみると良い決定を行っているというもので，これを著者は，Recordette Co.（仮称）という電子装置を作っている会社の生産計画問題を例にとって証明しようとしたものである．

すなわち，生産計画を立てる場合，計画担当者は例えば，次のような函数を想定し各データに暗黙のうちに重みを付けて予測をしているものと考えられる．

$$P_t{}^i = f[S_t{}^i,\ S_{t+1}{}^i,\ \cdots\cdots,\ S_{t+n}{}^i,\ (I_N{}^i - I_{t-1}{}^i)]$$

ここで，

$P_t{}^i$ ＝t期の製品iの生産量

$S_j{}^i$ ＝j期の製品iの予想販売量

$I_N{}^i$ ＝製品iの正常在庫量

$I_{t-1}{}^i$＝$t-1$期末の製品iの在庫量

そこで意思決定者の過去の計画値をもとに次期の計画を立てる決定函数を回帰式の形で定式化する．ここでは，$S_j{}^i$ は過去の販売量にもとづき予測されるものとして，最終的な回帰式には過去の販売量が変数として導入されている．

函数の結果は，意思決定者の行う，分散を除いた“平均的な”決定を示すものであり，実際の決定者の決定と比べて良い結果が期待できると考えられる．

そこで，次の4つのモデルを使って主張を確かめている．

① 4カ月前に決定函数を用いて4半期生産計画を立てる．ただし，修正手続きはしない．

② 4カ月前に実際に担当者が生産計画を立てる．ただし，修正手続きはしない．

③ ①に加えて，1カ月前になったとき①の計画に修正を行う（この修正手続きも過去のデータを用いて回帰式をたてる）．

④ ②に加えて，実際に行なわれている1カ月前の修正を行う（実際の生産計画手続き）．

生産計画の決定ルールは幾つかの回帰式と決定パラメータからなっている．生産はロット生産で，最少生産ロット単位がきまっているため，生産するか否か，修正するか否か，修正するとすればどれ程か，といった問題が生じるため，それらの各々の処理に回帰式と決定パラメータが必要になる．

各モデルで立てた計画案が生産されたとして，実際の販売量と比較して在庫費用と品切れ費用の面から，どちらが有利かを評価している．

この仮説が適応できるための仮定として，①意思決定の場が時間を通じて変らないこと，②決定函数の係数の値と符号が現実を説明できるものであること，③決定函数を線形回帰式で示すための統計上の諸前提を満すこと，を指摘し，Appendix で，ここで使ったモデルの諸函数について，各仮定を満していることを検証している．

実際の企業を対象としているため，モデル化ならびに評価，特に品切れ費をどう取るかに苦労しているようである．実験の結果は，詳しいデータや，問題の条件がはっきりしないため何ともいえないが，モデル①の方が②よりも良いとしている．

事前に将来の情況がある程度わかるような場合には，こうした決定ルールを使う方法は適さないことを限界として述べているが，さらにより一般的な，反復性の少ない意思決定にはこうした決定ルールの適用は限界があろう．

こうした実験は，経営上の意思決定を計算機にやらせる可能性を探るうえで意味のある研究であろう．

（福川忠昭）