

文献抄録

＜第4回IFORS特集＞

1966年8月29日から9月2日までアメリカのMITで開かれた第4回国際OR学会に提出された130余篇の論文の中から、日本OR学会から出席された方々のご協力で選択し、いくつかのものの抄録をいたしました。全分科会、全分野から一様に拾うことはできませんでしたが、お役に立てて下さることを願います。

各論文名の頭の記号は、分科会および論文の番号です（近藤次郎“第4回国際オペレーションズ・リサーチ会議に出席して、”「経営科学」第10巻第1・2号（1966年12月）参照）。（編集幹事）

[1-1] Bell, E. J., “Primal-Dual Decomposition Programming”

[線型計画/分解法/理論的]

いわゆる分解 (Decomposition) 問題とは、次のように、変数がいくつかのグループに分けられ、制約式がそれらのグループに共通なもの、各グループ内だけのものに分けられるようなものである。すなわち、LPの問題が、行列 A_j (m_0 行 n_j 列, $j=1, \dots, N$), B_j (m_j 行, j 列), ベクトル b_0 (m_0 次元), b_j (m_j 次元) が与えられたとき、

$$(1) \begin{cases} x_j \geq 0 & (j=1, \dots, N), \quad (x_j \text{ は } n_j \text{ 次元のベクトル}) \\ \sum_{j=1}^N A_j x_j = b_0 \\ B_j x_j = b_j \end{cases}$$

なる条件の下で、目的関数

$$z = \sum_{j=1}^N c_j x_j$$

を最小にするような x_j を見出せ (c_j は n_j 次元ベクトル)。

この問題はLP問題であるから、制限式の数の合計 $\sum_{j=0}^N m_j$ がコンピュータのLPコードの制限を超えない限り、シンプレックス法を直接適用して解くことができる。しかし、上記の形式の問題は、実際としては非常に大型になることが多く、これを解くためにいろいろな方法が工夫されている。

最初に発表されたのは Dantzig と Wolfe の方法で、この Bell の論文はこれと密接な関係がある。

Dantzig と Wolfe のアルゴリズムは、

$$\text{サブプログラム } B_j x_j = b_j, \quad x_j \geq 0$$

を解いて、その解をベースとして、マスター・プログラム

$$(2) \begin{cases} \sum_{j=1}^N \sum_{k \in K_j} A_j^k \lambda_j^k = b_0 \\ \sum_{k \in K_j} \delta_j^k \lambda_j^k = 1 & (j=1, \dots, N) \\ \lambda_j^k \geq 0 \end{cases}$$

なる条件の下で

$$z = \sum_{j=1}^N \sum_{k \in K_j} c_j^k \lambda_j^k$$

を最小にせよ、という問題を解くのであるが、このとき、2段階シンプレックス法を用いるので、いわば Primal Decomposition ともいふべきものである。

この Bell の論文は、このマスター・プログラムを解くのに、Primal-Dual 法を用いる。

上記のマスタープログラムの Dual は、

$$(3) \sigma A_j^k + \delta_j^k \alpha_j \leq c_j^k, \quad k \in K_j, \quad j=1, \dots, N$$

なる条件の下で、

$$Y = \sigma b_0 + \sum_{j=1}^N \alpha_j$$

を最大にせよという問題になる。これに対する初期解は、 $\sigma=0$, $\alpha_j = z_j^0 = \min_{k \in K_j} c_j^k = \min_{k \in K_j} c_j^k x_j$ とおくことによって得られる。

すなわち、

$$(4) \begin{cases} B_j x_j = b_j, & j=1, \dots, N \\ x_j \geq 0 \end{cases}$$

なる条件の下で、

$$z_j = c_j x_j$$

を最小にせよという問題を解くことになる。また、

問題 (3) の1つの解 $[\sigma, \alpha]$, シンプレックス乗数 $[\hat{\pi}, \hat{\beta}]$ が得られたとして, それから, さらに目的関数 Y を増加させるような新しい解 $[\theta, \hat{\alpha}]$ を得る方法は

$$[\theta, \hat{\alpha}] = [\sigma, \alpha] + \theta[\hat{\pi}, \hat{\beta}]$$

として, θ は次のようなNLPを解くことによって得られる.

$$(5) \begin{cases} B_j x_j = b_j \\ \pi A_j x_j + \delta_j(x_j) \hat{\beta}_j < 0 \\ x_j \geq 0 \end{cases}$$

なる条件の下で

$$\theta_j = [(c_j - \sigma A_j) x_j - \delta_j x_j \alpha_j] / [\hat{\pi} A_j x_j + \delta_j x_j \hat{\beta}_j]$$

を最大にせよ.

この問題は, 一次式の制限条件下で, 一次式の商を最大にするNLPであるが, これは今までに Dorn とか Charnes and Cooper とか Gomory によって, LPの応用として解かれている.

実際に少数例について実験したところ, まともな Primal な方法によって解くよりも早く解けたが, まだこれで, この方が効率が良いと結論づけるのは早過ぎるかも知れない.

さらに, これを mixed pricing ratio を使って, 一般の composite algorithm にすることも可能である. (玉木将二郎)

[1-6] Metz, C. K. C., R. H. Howard and J. M. Williamson, "Applying Benders' Partitioning Method to a Non Convex Programming Problem."

[非線型計画/整数値プログラミング/理論的]

製鉄業で, 与えられた条件下で最適な生産計画を作成するための数学モデルは, 非凸型 (non-convex) な条件式を含む等式または不等式からなる制限条件を満たし, 非凸形の目的関数のグローバルな最小値をえらぶモデルになる. この論文に記された方法は, mixed-variable を用いてモデルを作り直し, これを分解して解く方法である. これは, Benders の混合型整数値計画問題に対する解法, および Beale の論文によっている. また NLP を mixed variable で解く場合の議論も含んでいる.

大部分がすでに線型と考えられる制約条件の下で, 非凸である目的関数を最小にするような場合, 折線近似をしても普通のLPで解くことができない. これは費用最小の目的関数が凹(下に)である

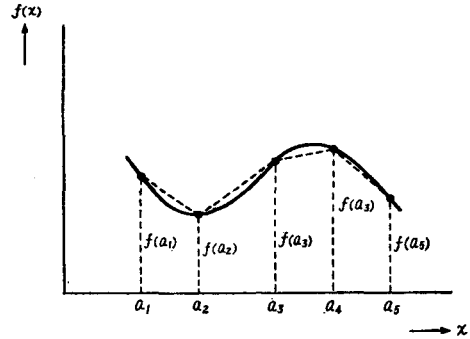


図 1

ことによる. このような(非凸型)の問題に対しては, その関数を折線で近似して次のような数式化を行えば, 整数値プログラミングを使って解くことができる. たとえば, 図1のような非線型関数 $f(x)$ を $a_1 \leq x \leq a_5$ の範囲で折線近似をすると,

$$f(x) = \sum_{i=1}^5 \lambda_i \cdot f(a_i)$$

$$\text{ここに, } x = \sum_{i=1}^5 \lambda_i \cdot a_i \quad (0 \leq \lambda_i \leq 1)$$

$$1 = \sum_{i=1}^5 \lambda_i$$

変数 λ_i は非負で, 隣り合った2つのもののみ, 同時に非零であるようなものとする. このような特別な変数 λ_i を導入して変数分離型計画法を用いて解けばよい.

実例では265の制約条件式と225の変数と, 25の非線型関数を含んでいる.(変数にはスラックを含まない.)ここに, さらに折線近似のために, 125の特別変数と, 25の式が導入された. 折線部分を数多くとれば近似度がよくなるが, 変数と式の数がふえて, 実用上困難になる. (玉木将二郎)

[2-1] Haward, R. A., "Decision Analysis: Applied Decision Theory"

[決定理論/決定の過程]

決定とは二度とやり直しができないようなことを行なうことである. ここにやり直しができないという意味は, この復元が全く不可能であるか, あるいは非常に高価につくことを指している. そしてこの決定の底に流れる真の意味を見出し, その決定を誰がどのような手順でやってゆくのが最も好ましいかなどを考えるのが決定の分析をする者の仕事である. この衝に当るものは常に決定の過程に付随する不確定性の処理, 価値の判断, 好みによる順序づけ

を論理的な方法で考えてゆかねばならない。

決定は次のいくつかの過程を経ることによってなされてゆく、

I 確定要素に関するもの

- 1 その決定の目的と取扱う範囲を明確にする
- 2 代案をあげる。
- 3 結果として生じる事象の価値を定める。
- 4 状態変数として取上げるものを定める。
- 5 いくつかの状態変数の間の関係を定式化する。
- 6 決定の実施に必要な時間を想定し、時間の経過に伴う損益を考慮に入れる。

分析の方法：a) いくつかの代替案の中から優位なものを残して地を順次抹消する。
 b) 最終的な状態変数を定めるためにその感度を検討する。

II 不確定要素に関するもの

- 1 おのおのの状態変数に対して確率値を割当てる。
- 2 危険回避に関する考へ方の度合を明確にする。

III 分析後の処置

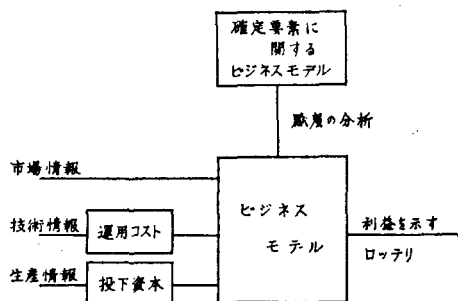
- 1 状態変数に存在する不確定性をできるだけ小さくするために必要より完全情報を得る値段を検討する。

- 2 最も経済的な情報収集プログラムを考へる

このようにして行なった決定の一つの重要な側面はその議論が共通の広場を提供することになって、企業内の人々の間の対話が活発になるといふことである。例えばそれまで全く相対立する立場にあった技術者とセールスマンさへもが、決定の場を通じてお互いの立場を理解するようになる。

決定にまつわって最近行なった一つの例を示そう。それは新型航空機の生産と販売に手を染めるべきか否かを定めるためのもので、決定の基準は割引

図 1



率を10%と仮定した場合将来に見込まれる利潤の現在価である。決定の構造は図1に示すようで、運用上の経費と投資資本の大きさが決定に最も大きな影響を及ぼす二つの要因となっている向後の22年間にわたって損益計算を行なった所、7年後に新製品によって期待し得る利益が現在の製品を生産しつづけることによって得る利益を上廻ることがわかった。ここで決定上時間の観念をどの様に考えてゆくかが大きい問題となったのであった。(斎藤嘉博)

[2-3] Menges, G. and H. Diehl, "On the Application of Fiducial Probability to Statical Decisions,"

[決定理論/Fiducial 確率の応用/理論的]

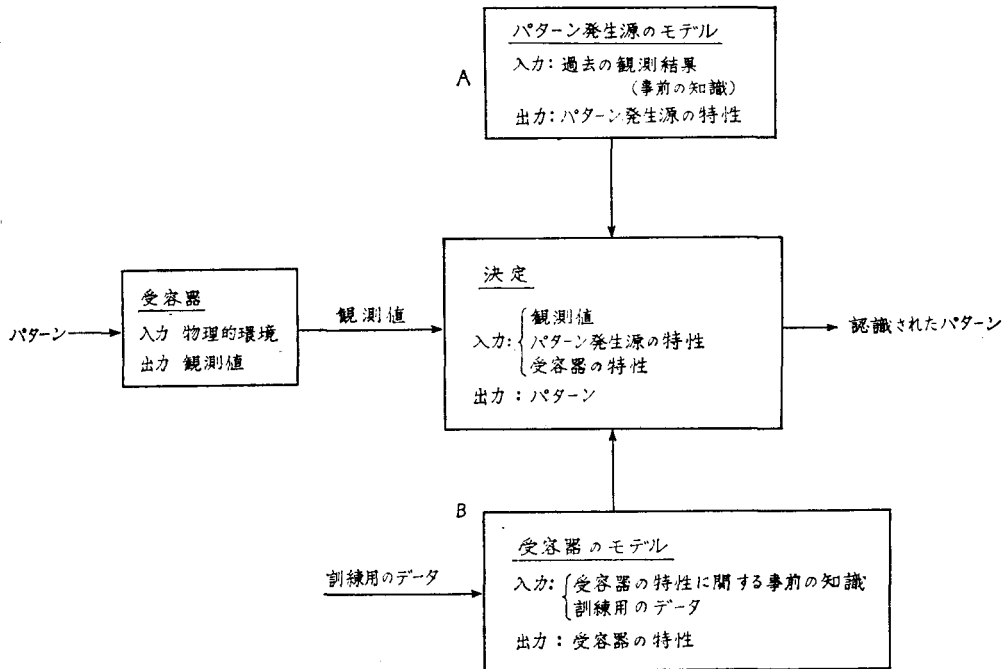
決定理論にベイズの先験確率を用いることは既に行なわれているが、本論文にはこれに代って Fiducial 確率を導入している。

決定理論に対する不確定性の源には二つある。それは自然の状態の偶然性と自然それ自身または自然の分布関数に関する知識の欠除である。もし自然 π の状態の空間の分布 θ が知られていれば、ベイズの基準は適用可能である。観測 x を知るならば、先験的な観測 θ はベイズの定理によって後験的な分布に変換される。もし θ がある領域 Θ^* に存在することが知られていれば、所謂拡張されたベイズの基準の応用が可能となる。

自然 π またはその分布 θ の状態に関する知識を得るためには、観測 x から Fiducial な概念が用いられる。

不確定性のどんな型が Fiducial な表現の応用に可能であるか。自然の未知の状態が一定である時、Fiducial な表現は損失関数に重みをつける測度を生ずる。自然の未知の状態が未知の分布 θ を有する確率変数であれば、 θ の空間上の Fiducial 分布は θ の空間に於ける Fiducial 領域 Θ^* を構成する。 Θ^* を与えて、拡張されたベイズの基準は適用可能である。 θ の空間上の Fiducial 分布は「自然の将来の状態に対する Fiducial 分布」を得るように π 上の未知の分布と結びつけられる。最後に統計的決定に対する Fiducial 表現の極限に関する注意が示されている。(小田中敏男)

[2-4] Murray, Jr., G. R. and R. D. Smallwood, "Mode Inference in Adaptive Pattern Recognition"



〔適応過程／パターン認識／理論的〕

この論文は、パターン認識における“適応的方法”を問題としている。そもそも、パターン認識あるいはより広く不確実性下での決定問題に対して、ベイズ流の統計学を応用する場合には、図の A のプロセス、すなわちパターンあるいは不確実な真の状態についての事前的な判断をベイズの定理によって事後的判断に改めるプロセスを取り扱うことが多い。

しかしここでは B のプロセス、すなわち観測値をもたらす受容器の特性を未知と仮定しておき、実際のパターン認識を行なう前にまずこの受容器をテストしてその結果にもとづいて受容器の特性に関する事後的判断を導き出すというプロセスを問題にする。そしてこの訓練結果と実際の観測結果の両方を使ってパターンについての事後分布が計算される。真のパターンが i であるときに j と認識したことによって発生する費用を C_{ij} とおくと、この論文では C_{ij} の事後分布に関する期待値を最小にするような決定 i を最適なものと定義し、その時の期待費用 $C(D)$ をとする。但し D は先の訓練の結果に対応する 1 組のデータをあらわす。受容器の特性についての事前分布から D の分布が得られるから結局 $C(D)$ の期待値も求められる。これを C_1 とす

る。一方受容器の訓練を行わない場合にはパターンについての事後分布は観測結果のみから計算され、その場合の最適決定はこの観測結果のみを用いて導かれた事後分布に対して求められる。又その時の費用の期待値を C_0 とすれば、 C_0 と C_1 との差はパターン認識に先行して行なわれる訓練によってもたらされたものと考えることができる。

この論文の後半では、以上のごときフレームワークにもとづきながら、可能なパターンが 2 個だけであり、受容器の特性についての事前分布が一様であるといった極く単純な場合を想定した上で、訓練の回数とそれに見合う受容器の出力の最適な区分の個数との間の関係を計算している。(梅沢 豊)

〔B-1〕 Diamond, D. S., “Computer Aided Preparation of Magazine Advertisement Formats,”

〔広告／効果の最大化〕

雑誌広告をする場合に、広告の大きさ、色刷りか黑白か、色の数、位置（雑誌の裏表紙、表紙裏、前半、後半等）、使用文字の数等を M.I.T. で開発した M.A.C. (タイム・シアリング・コンピューター) を利用して決定する。

広告効果を評価するには Starch の方法を用い

る。これは一般読者の広告に対する反応を“記憶している”，“注意して見た”，50%以上の広告文を“読んだ”に分類し，上記の各要因の効果を要因分析によって判定する。

これから広告効果を要因の線形関数として表わす目的関数を作り，与えられた制約のもとで目的関数を最大にするような広告形式を決定する。この計算システムを **CAPMAF**(Computer Aided Preparation of Magazine Advertisement Format) システムという。

事例として仮想のフィルター・タバコ，“プアフ”の広告を雑誌ライフに掲載するときの最適の広告の企画が研究されている。この場合に広告効果を評価する目的関数として男子については“注意して見た”に40，“読んだ”に15，女子では前者に35，後者に10とウェイト付けして加え，これを最大にするように広告のデザインを決める。その結果例えば広告には大小二つの天然色写真を配し，大きい方は若い男女がこのタバコを喫っている光景，小さい方はフィルターの構造を示すのがよいという結果が出た。(近藤次郎)

[B-7] Eilon, S. and R. V. Mallya., "Issuing and Pricing for Semi-Perishables,"

〔販売／半陳腐化財の販売・価格政策〕

ここで半ば陳腐化する財 (semi-perishables) というのはその価値が階段式に逐次に低下する財で，最初の期間は全価格を維持し，次の期間は価値がある程度低下した値を保ち，さらに次の期間にはまた一定の値を維持して行くようなものである。定期的にモデル・チェンジする自動車や生鮮食品などはこの一つの例であろう。

このような場合に，価格をどのように下げて行くのが最適か，新鮮な財の仕入計画は如何にあるべきかという問題の他に価格が決まっているときに販売の方針として次の三つが考えられる。すなわち次の通りである。

L I F O (新鮮な財を最初に販売して，それが全部売れたときに古い財を販売する)

F I F O (古い財より逐次に販売してそれがなくなったとき新しい財を売り出す)

混合方策 (予め定められた割合で古いものと新しい財とを売って行く)

この論文ではいろいろな場合にこれらのポリシーの選び方について主として論じている。

このとき判定規準は向う n 期間の売上高を最大にすることである。(すなわち n 期の後に新鮮な財の入庫が0となるものと仮定する。)

さてこの場合に需要が決定的である場合には価格低下率と在庫量によって上の三つの販売政策のどれが最適であるかは比較的簡単にわかる。

この論文では価格低下の段数や計画期間をいろいろ変えてこの問題を解いている。

つぎに需要が正規分布で確率的に変動する場合に拡張して解いている。

一種の在庫管理モデルである。

最後にはじめに述べた価格政策や仕入量決定の問題にも触れている。(近藤次郎)

[C-I-3] Allman, W. P., "A Network-Simulation Approach to the Scheduling of Railroad Freight Car Movements and Operations,"

〔運輸(鉄道)／シミュレーション／応用的〕

鉄道は結び目(ヤード)とひも(線区)とからなる1つのネットワークとみることができる。貨車はその上を時間にしばられて移動するのである。貨物輸送システムをこのようにネットワークとしてモデル化し，貨物輸送および貨物列車編成とその運転とをアルゴリズムとして統轄すれば，電子計算機シミュレーション・プログラムを開発することができる。このプログラムを用いて外的，内的条件をいろいろかえ，実施可能な輸送方式を追跡することによって，輸送ダイヤや貨車運用の実験をすることができる。

このモデルは N コの結び目のあるネットワークの n 日間の行為をシミュレートしている。主な入力データは列車のルートとダイヤ，ヤードにおける列車編成基準，ヤードの作業能力，貨車需要である。列車運転上の制約条件も重要なものは入力データとして入れる。出力データは必要なときにネットワーク中に起っていることをプリントさせることが主で，さらにシステムの要約データもプリントさせる。また何か重要なことが起った場合の環境条件も知ることができる。

プログラムは **SIMSCRIPT** を4つ使って構成されている。計算機は **IBM 7094** を使用した。ただし実際の鉄道について行なった計算例はのべられていない。

ぼう大な鉄道網のシミュレーションは計算機の記憶容量の点から不可能と思われるが，こみ入った貨

車輸送方式をいくつかの作業グループに分け、アルゴリズムの複雑さをさけている点に興味がある。また、シミュレーションの進行をコントロールするルーティンを設けている。上述のシミュレーション結果の出力とこれの解析結果もプリントアウトされるが、この内容は適宜にかえられるようである。

(卜部舜一)

[C-I-6] Gordon, S. E., "Multi-Commodity Transportation Problems,"

[運輸(一般)/線型計画/理論的]

いわゆる輸送問題について今までに研究開発された数式化のいろいろを記述し、長所および短所を批判するとともに、この数式化にもとづく計算結果と実際面とのへだたりを指摘している。さらにこのへだたりを縮める手段を考究しているところが進歩である。

この問題はいわば多重的な線型計画といえるもので、内容により3つの型に分類される。

それらは

(1) すべての輸送需要を充足し、かつ輸送総費用を最小にするように、輸送ルートを決定的にすること。

これは普通の輸送問題である。

(2) 輸送力が不足しているが、なるべく多くの需要が充足されるようにルートを決めること。

これは(1)の応用といってよい。

(3) 輸送力が全く不足しているので、需要をできるだけ満足させるために、どの個所から輸送力をつけてゆけばよいかを、増強費用をできるだけ少なくするという条件でとくこと。

これは設備問題も含んだ輸送問題といえる。

この点が新しい提案といえる。

いずれの数式化においても多種製品を生産工場から倉庫(集積地)をへて消費地へ送るという前提で考えている。たとえば(3)の数式化結果は

$$\begin{aligned} \sum_k x_{ikj} - \sum_k x_{kij} &= a_{ij} \\ \sum_k x_{ijk} - y_{ij} - y_{ij} &= 0 \\ y_{ij} &\leq c_{ij} \\ \sum_{ij} (d_{ij} y_{ij}) + \sum_{ij} (d_{ij}^* y_{ij}^*) &\rightarrow \min \end{aligned}$$

ここに a_{ij} : i 点から j 点 ($i \neq j$) への輸送需要(既知)

x_{ijk} : i 点から j 点 ($i \neq j$) をへて最後に k 点へ流れる未知の輸送量

c_{ij} : i 点から j 点 ($i \neq j$) への輸送路容量(既知)

y_{ij} : i 点から j 点への利用しうる現在の輸送路容量(未知)

y_{ij}^* : i 点から j 点へ新設すべき輸送路の容量(未知)

d_{ij} : i 点から j 点への現有輸送路の単位あたりの使用コスト(既知)

d_{ij}^* : i 点から j 点へ新設すべき輸送路の単位あたりのコスト(既知)

である。

(卜部舜一)

[C-I-10] Jensen, A., "Safety at Sea Problems"

[運輸(水運)/確率的な計画/応用的]

デンマークとスウェーデンの間の海峡を横断する船の量は近年とみに増え、それらと直角の航路をもつ外洋航行船も増え、それらと直角の航路をもつ外洋航行船も増えた。したがってそれらが衝突する危険も多くなってきた。さらに航行量が将来において倍増すれば、危険性をもっと倍加するであろうと予想される。ために事故防止の方策を研究しなければならないことが要請された。

まず、海峡を航行する船をレーダーで捕捉し、一定時間間隔でその画面を映画のフィルムにおさめる。この操作を長い時間に行なうと、一連のフィルムを映写すると長い時間内に行なわれる現象が短い時間内に圧縮されてみられる。すなわち、船が錯そうする状態をはっきりとみることが出来る。この状態を多くのベテラン船長達にみせ、衝突の危険が生じ易くなる場合をあげてもらい、それらをさらに分析し、いくつかの危険型に統合し、それらの状態が生ずる確率を作図により検討する。

この方法は、IEで使われるいわゆるメモーション・カメラの方法であるが、レーダーを使用して、広い地域のトラフィックをつかまえたところに新しいアイデアがみられる。

なお、ある観察水域(10マイル平方)の中に船がいる分布はポアツソン型をすることもわかった。そして、航行量が2倍になると衝突の危険は8倍になることも結論の1つとして導かれた。ために、海峡に橋をかけ、船の衝突事故をなくしようという動きもでてきたという。(卜部舜一)

〔C-I-11〕 Parente, R. J. and D. F. Boeyd,
 “A Formal Description of Steamship Cargo
 Operations”

〔運輸（水運）／割当／理論的〕

この研究は2つの大陸間を往復して貨物を輸送する船団の航行計画を電子計算機で作成することを目的とする。海上輸送問題を研究者達は1つの大きなシステム運営と考え、静的システムと動的システムとにより構成され、それぞれが稼動すると同時に発展し、かつ交互作用を行なうとしている。問題をつぎのように規定する。

ある1つの船団があって、政府と契約して、2つの大陸間の貨物輸送をしている。船はそれらの大陸にある特定の港に定期的に寄り、荷をつむ。荷は他の大陸へ輸送し、同じ大陸の沿岸は航海しない。各港へ船は巡回してくるが、同じ船がすべての港へ寄るというわけではない。全航程についてある函数の最大あるいは最小の値になるように船団の運行を計画するのである。

目的函数はたとえば次の諸項である。

- (1) 総収入最大 (2) 船の運用効率最大
 (3) 積荷量×航路長さを最小 (4) 航行時間
 と停泊時間の比を最大 (5) 総輸送時間
 最小

すなわち、出力データとしてこれらの函数値が求められるようにプログラムが構成されている。

考えている因子は、

輸送上の見地からは

船槽の種類（乾燥物、流体用、冷凍用）、等級、
 積載可能総トン数、目的港

貨物については

種別（乾燥物、流体品、冷凍品）、積下し港、
 重量

港については

平的停泊ゆう日数、1時間あたりの荷おろし
 能力トン、積荷種別ごとの1時間あたりの荷積
 み能力トン

船の性能については

平均速度（ノット）、船ごとと貨物種別ごとの積
 載能力、など

運用上のスケジュールの面からは

航行と港作業との期待時間間隔と順序

である。

（ト部譯一）

〔C-II-5〕 Groboillot, J.L. and J.L. Deligny,

“Optimisation des Projets Routiers,”

〔運輸（道路）／数理計画／理論的〕

大枠がきめられている道路建設計画に基づいて、ある交通量の区間の、建設費および運営費を最小ならしめる路線の選定法について述べている。

方法としては図式法 (Graphes) と縦断面法 (Des deblocages successifs) があり、南フランス、Var 県の山岳地帯を通過する路線の選定に用いられたもので、図式解法と電子計算機の併用によって最適路線を求めているところに特色がある。

図式法は先づ計画路線の始点から終点まで（2～100km位がよい）、巾数km（1～10km）、厚さ250m程の帯状の土地を想定し、この中に最適路線を選定する問題を考える。そのため、このバンドはさらに長さ方向に200～300kmに区切り、 i 断面を想定する各断面は巾方向には25m、厚さ方向には30～60cmの等間隔目盛を考え、各目盛の交点から $(i+1)$ 断面上の同様な方法によって得られた交点へ最短路で結ぶ。これらの路線について電子計算機を用いて工事費・維持費・運営費を求め、 $i \cdot (i+1)$ 断面間の最少費用の路線を選定する。この方法は先づ平面について求め、次にこれによって求められた点を通る最適路線を断面上の厚さおよび巾方向に等間隔にならぶ点とを結ぶ路線の費用の計算から選ぶ。このようにして選定すれば最小曲率半径は400m 区間ならば、425m、最大勾配は4%の範囲内で選定することができる。工事費の計算の際に土工費の計算を簡単にするため各断面間の土層を敷層に分割し、土工に要する費用を指標化しておく。

縦断面法は平面上のルートが決定されている場合縦断面のみを選定する場合に応用される方法である。計画路線は N 個の断面に分け、各断面では相隣る $(i-1)$ 、 $(i+1)$ 断面をブロックとして、自然地形の縦断面上に i 断面の最高・最低高度および自然地形の勾配を考慮しながら最適路線の高度・勾配を決定する。この選定は1より N に向かって行ない、さらに N より1にもどって修正して決める。この方法は5～25km 区間について用いられたが、もっと長い距離への適用が可能と思われる。

路線の選定にこの方法を手計算によって行なった在来の方法に比して、土工費の計算では5～40%（平均20%）の改善がみとめられ、10～15%の利益が得られた。両方法とも計算が膨大な仕事となるので計画者と計算担当者との連絡を緊密ならしめる必要上、計画路線の平面、縦断面とその状況をみるこ

ができる映写幕，幻灯器を準備することが望ましい。
(清水健吉)

〔C-II-8〕 **Shaw, G. S. and J.W. Abrams,**
“Demand Forecasting for Airline Scheduling”
〔運輸（航空）／分布／応用的〕

ある航空便の出発時刻のスケジュールを変更すると乗客数はどれ位変るか，という命題に対し，予測方法の数式化を試み，その理論を実際に適用した研究である。

まず，乗客が出発しようと思う時刻の前後にわたって空港に到着する人数の確率分布を仮定する。これとその目標とする航空便を含んで，出発地，目的地間の時間ごと，日ごと，季節ごとの旅客数を過去のデータから求めた結果とを照合し，対象とする日の変更しようとする出発時刻の前後における見込乗客数分布を求める。そして変更した出発時刻の前30分間に空港に来た客数の和が，その航空便を利用すると考えるのである。

この方法で予測した乗客数と1964年にある空港である航空便についてとられた実績と比較するとよく合っていることがわかった。そこで，この方法を航空便ごとの乗客数の予測方法に利用すべく，電子計算機プログラムを実用化した。また，航空便ダイヤのシミュレーションとしても利用されるであろうと論じている。
(卜部舜一)

〔C-II-9〕 **Kingsley, J. D.,** “Airline Operations and Planning model”
〔運輸（航空）／最適化／応用的〕

航空路を開設して，航空輸送事業を行なうことを計画している路線の運営システムを解析することからはじめ，その航路に就航する航空便の運用方式を決定し，それに適した航空機の大きさや性能を定める。ついで，その航空機を設計し製作し，その航空路に就航せしめ，飛行記録や経営上のデータもとらせるという一連の行為の流れを電子計算機内で行なわせようという研究である。これによって，どのような因子が航空会社経営により多く影響するか，航空機設計と製作とは実際の使用に対してどのようなべきか，を結論として導こう，というのである。

すなわち，ぼう大な電子計算機シミュレーションである。くわしいプログラムの内容は報告されていないが，輸送面でのデータ処理や経営上の資料作成

も同時に行なわせようとしている。各行為はそれぞれ十分に分析され，かつプログラム化されているよである。

具体例はのべられていないが，電子計算機の特性を生かした興味ある研究であるといえよう。学会での報告によれば数百人のソフトウェア開発研究者と加うるに数年の年月を要したという。

(卜部舜一)

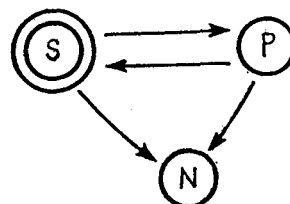
〔D-1〕 **Jessop, W. N.,** “A Model for City Planning”

〔都市計画／計画のシステム／応用的〕

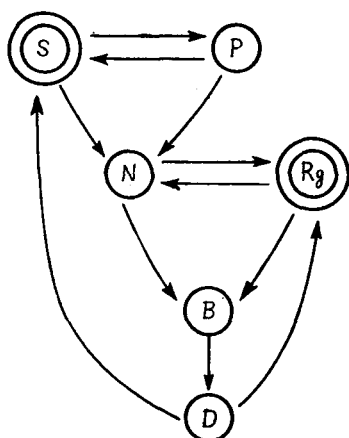
この論文の目的は，1964年はじめからコベントリー市で実際に遂行された都市計画の計画過程を intensive に研究することによって，きわめて実際的な都市計画のための一つのアプローチを提示するところにある。

まず，計画の過程における欠くことのできない要因からなる一つのフレームワークをつくる。いま，将来に予測される市民の要求を P ，計画者による基準を S ，都市に関し将来に必要なことがら N とすると，三者の間にはつぎの関係が成り立つであろう。つまり，都市が成長するにつれて生まれてくる必要なことがらは，住民の要求と計画者の基準との対話を通してひきだされるものと考えられている。ここで， S を◎で囲んであるのは，公共部門の政策によってコントロールできることを意味し，そのようなコントロールを許さない P と対比されていることに注意しなければならない。つぎに，制約条件となる資源を考慮に入れる。資源には，公共部門によってコントロールできるもの (R_g) と，民間部門の資源 (R_p) がある。計画素案 (B) は，必要なことがらと公共部門の資源制約を考え合わせたりえでつくられる。その関係を図1につけ加えると，計画の過程は図2のようになる。ここで， D は問題やデザインに解決案を提示するのをしめし， D から S および R_g への矢印は，状況変化に応じて生ずる問題

〔図1〕



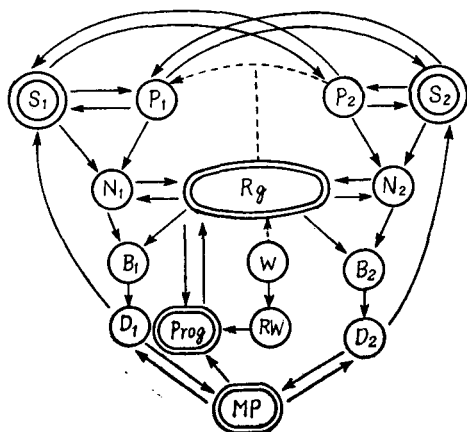
〔図2〕



に対して、上位の意思決定集団の政策修正を意味している。いかえれば、基本政策の再検討を意味するフィードバック・プロセスである。図2によって、われわれは計画の過程の骨格と戦略上重要なポイントを知ることができる。

ところで、都市計画では、道路、商店街、学校、公園、住宅地、工場などの多くの施設を対象しなければならない。したがって、計画者はこれらの施設間を調整するためにマスター・プラン(MP)をつくらなければならない。いま、二つの施設の場合のMPを考えてみよう。20年後の都市計画といっても、20年後の時点で各施設の需給が一致していればよいというほど単純ではない。そこに、MPのプログラミング(Prog)と実施の問題がある。実施過程では、事業の施行(W)と、その進捗状況のチェック(RW)と実が重要な要素である。

〔図3〕



これらのすべての要素を関係づけて、全計画過程をまとめたのが図3である。(阿部 統)

〔D-2〕 Harris, B. and R. L. Ackoff, "Strategies for Operations Research in Urban Metropolitan Planning"

〔都市計画/システム/応用的〕

この論文の目的は、ORを大都市地域計画(Community Planning)に有効に適用する方法を検討することである。

ここで、Planning というのは、つぎの三つの特性をもつ一つの Process をさす。すなわち、(1) Planning とは予測的意思決定である。(2) Planning は決定の体系をふくんでいる。(3) Planning は動学的文脈における意思決定である。

それゆえ、Complete Plan は、(1)目的および目標、(2)目標達成のための政策、手段、(3)必要な資源とその調達の方法、(4)計画を実施する権限・責任の組織、(5)計画成果を管理する組織の五つの要素をそなえている必要がある。

つぎに、ここでいう Community とは、共通の物的環境のなかで個人々が相互作用をおよぼしている集団——一つのシステム——であると考えられる。それは、(1)システムとしての Community のおもな機能がそのシステムを構成する成員に奉仕するところにある、(2)民主主義のもとにおける Community は、独裁者の存在をみとめない、(3)Community Planning の対象となる施設は、耐用年数がながく、巨大な費用を要し、果実を生み出すまでにかかり長期間かかる、以上の三つの点で通常のORの対象とするシステムと異なっている。したがって、Community Planning のためのモデルは複雑で、同時にすべての解をえることは困難である。こうした場合、従来の解決法はモデルを分解してとくことにあったが、Community を対象とするモデルは、分解ではなく、むしろ組立てに求めなければならない。Community における根本的問題は、大都市システムを完全に理解しようとするところにあるのではなく、この全体システムを構成する諸要素や部分システムについて理解していると確信していながら、それらの部分システム間の相互作用に関する知識が驚くほど少ないところにある。

Community の目標を構成する場合も、同じ難問に直面する。Community の目標は、個々の成員の目標の関数——組立て——であるといえよう

か、企業の場合と公共部門のそれでは構造が基本的に異なっている。つまり、企業では、成員間の目標にたとえ矛盾があるとしても、上位の責任者の判断によって、犠牲が最少になるように個々の目標にウェイトづけして企業の目標にまとめあげる能力もっている。これに対し、公共部門では、個々の成員の目標を Community の目標に組立てる組織的メカニズムは存在しない。この困難を克服するには、動学的個人価値の動学的集合の原理——いまだ生を受けてない人々の価値をふくみうるもの——が必要である。また、Intra-Community に生ずる矛盾を解決する方法も要請される。さらに、大都市の地域計画でとりあつかわなければならない政策変数は、すこぶる多いうえに、それぞれの政策効果が独立でないため政策領域 (Policy Space) を明確に体系づけるのが困難である。

以上のような困難な状況のなかで、Complete Plan をととのえるためには、つぎの四つの戦略、つまり、(1)満足化、(2)最適化、(3)計画的適応、(4)自己組織化を区別したい。満足化は、今日の大かたの計画で採用されている戦略で、Community にとって最適厚生関数をつくりえない限り、計画者はよりよいもの、少なくとも現在より悪化しないものを基準とせざるをえない。しかし、満足化は将来の問題はこれまでと同じかたちで生ずることを本質的に仮定しているのだから、後向きの性格もっている。最近 heuristic な方法によって、実行可能解を求めることによって政策決定のための新しい領域をきりひらく試みがなされているが、有益であろう。最適化は、前述のごとく、Community の全体システムに適用するのはきわめて困難だから、部分システムに適用し、部分システムを連結した組立てモデルを構成するのが有効であろう。都市現象モデルにかかわる最適化には、(1)均衡概念にもとづくモデル、たとえば立地行動、(2)公共部門、(3)動学的最適化がある。計画的適応の必要性は、最適化戦略の前提の本質的欠陥から生ずる。つまり、不確定な将来を予測する場合、条件付予測以外にはありえないのだから、Planning Process は適応性のあるものでなければならないであろう。従来のORにおける概念とここにいう計画的適応との大きなちがいは、後者には、(1)エラーに伴う費用が巨大なこと、(2)デザインが独立でなく、少なくとも大きな二つの選択が存在するという事実である。したがって、計画に適応性をもたせるということは、

Planning Process につぎの三つの意味をあたえる。(1)現在の技術や経済の許すかぎり計画に柔軟性をあたえる。(2)計画は Community の成員の行動に影響を与えようとしているのだから、条件が変化すれば成員は別の反応をしめす。広義には、計画は Community の行動ばかりでなく、価値構造の変革にも向けられる。ところで、Community Planning の成功をさまたげる障害は、Community 自体の非合理的組織構造である。Planning が成功するためには、この非合理性が改められなければならない。しかし、計画の必要からみた組織構造であってはならない。計画自体が状況変化に即応できるように、組織構造も適応できるものでなければならない。つまり、Community も適応性のある自己組織化構造をもつようにデザインされる必要がある。(阿部 統)

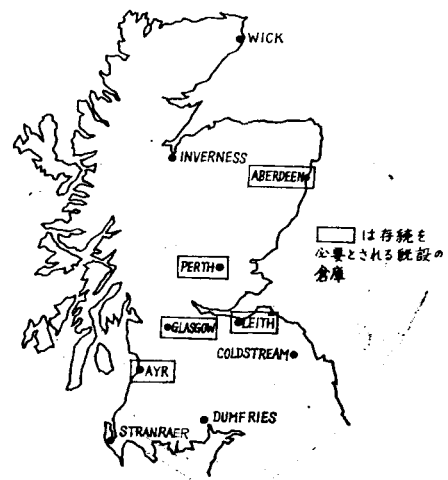
[J-3] Shea, A., "Determination of the Optimum Location of Depots,"

[倉庫配置計画/シミュレーション/応用的]

本論文はスコットランドにおける肥料および餌料の販売に大きな地位を占めるスコットランド農産会社が1965年その合理化にあたって国内63ヶ所に散在する肥料倉庫を20ヶ所に整理したが、さらに倉庫の最適数を見出そうとして行なった研究の成果をまとめたものである。

肥料倉庫の最適数を見出すにあたって支えられた条件はつぎの通りである。

- i) 注文されてから24時間以内に配達が可能であること。



[図 1]

- ii) 工場および農業の主生産地に近い5ヶ所の倉庫は従来通り存続させること。(図1)
 - iii) 道路および鉄道の輸送に便利な地点
 - iv) 倉庫の容量は最繁期の需要に応じ得ること。
 - v) 3~6ヶ月の間に最適解を見出すこと。
- 研究にあたりつぎの段階を一つずつ決定していった。

- 1 1万余の需要家が散在する全地域を100の地域に分割してこれを需要点とした。
- 2 1967年の予想需要量を販売部を通して収集した。
- 3 需要点への配達が最も円滑に行なわれる倉庫の建設地点を定めるためにアナログモデルを作製した。これは地図を板上に貼付け、地図上の各需要点にハトメで穴をあけて糸をこれに通し、糸の下側に需要量に比例する重量の錘をぶら下げたものである。糸のむすび目は地図上で需要の平衡点に止ることになる。
- 4 24時間以内の配達が可能であるためには、需要点と倉庫間の最長距離を50哩におさえる必要がある。
- 5 既定の5地点を中心として50哩半径の円を描き、その地域を除外した。従って問題はスコットランドの北部と南部のどこに倉庫をおくべきかにしぼられた。
- 6 北部に1ヶ所の倉庫をおくと仮定すると条件のi)をみたすことができなないので、2ヶ所が選定され、その位置が変わった場合の影響の大きさが検討された。その感度はあまり厳しくないで鉄道に近い Inverness に決定された。
- 7 北部における他の一つ所は Wick の西方15哩におくのがよいことが判明したが、他の諸条件を考慮して Wick に決定された。
- 8 南部の3ヶ所も同様な手法で決定された。
- 9 各倉庫の容量を決定した。
- 10 上記の諸条件の下で1967年における配送経費を電子計算機によって求めた。

これらの手つづきの結果、ii)の条件に示5ヶ所の他に5ヶ所の倉庫設置点が決まられて、配送区域は在来と大巾に変更され、配送のための諸経費に16%の節減をみる事ができた。(斎藤嘉博)

[J-5] Davies, A. D. and N. B. Heller, "Control of Excess Stock in a Multi-Warehouse System"

[在庫/2次計画/理論的]

本論文は多元在庫系における若干の倉庫について、過剰在庫の管理に対する適応政策を示している。在庫目標(貯蔵水準の安全上限)を越えた場合、1) その倉庫の固定客のためにその貯蔵水準を保持するか、2) 他の倉庫に再分布するか、3) 過剰量を申告して、割引で販売するか、を決定することが必要となる。

貯蔵品の輸送に対する動機は在庫保持費用の累積によって生ずる。その費用の総計は量の二乗に比例するとせられる。再分布と割引販売は在庫費用を軽減する。しかし再分布の場合には輸送費用がかかり、割引の場合は利益の引下げが生ずることは明らかである。

アルゴリズムはシステムとしての費用を最小にする輸送量の計算に対して与えられる。問題は線形制約条件に関して二次的関数を最小にするものとして定式化せられた。繰返しの手続が用いられているが、比較的少ない繰返し数で、最適解が導かれている。

このアルゴリズムは割引販売によってか、システム中の他の倉庫に再分布によって、倉庫を閉鎖する問題に応用可能である。(小田中敏男)

[J-7] Cran, J. A., "A Two-Level Inventory Control Rule in a Distribution System,"

[在庫/シミュレーション/応用的]

Massey-Ferguson Ltd. で生じた two-level distribution problem について、従来の方法(理論的)で解くと面倒な計算になるので、ここで、簡単でかつ有効な管理規則を試みている。

モデルは1つの central warehouse と等しい確率的需要を持つ10ヶの branch warehouse から成り、central warehouse からのリード・タイムは2週間である。branch warehouse 間の積み換えは考えない、システムへの(すなわち central warehouse への)供給は、既知の分布に従うリード・タイムをもって、おこなわれる。branch warehouse においてのみ小売販売される。central warehouse での購入、branch への再配分には固定経費がかかる。在庫費用は、各 branch, central 共にすべて同じとする。一見このシステムは、2段階経済ロット基準で管理できそうに見えるが、この場合のように、システム内のすべての在庫を同一の会社が所有している時にはだめで、warehousing system を

全体としてながめて、管理しなければならない。

central warehouse に入れる品物がとどくと、直ちに次の手順に従ってほとんど全部を branch に配分する。

システム中の全在庫量を加え、受注残を差引く。システムの総需要の予測をして、システム全体が品切れするまでの期間 T (これを平均在庫期間という) を計算し、各 branch の平均在庫期間の平均需要 (D) を予測する。需要分布はポアソンとする。在庫期間の branch 需要の標準偏差 (σ_{TD}) を次式で近似する。 $\sigma_{TD}^2 = T\sigma_D^2 + D^2\sigma_T^2$ (σ_T, σ_D それぞれ在庫期間、平均在庫期間の branch の需要、の標準偏差) hold-back を $A \cdot \sigma_{TD}$ (A はすべての branch に共通なパラメータ) で定義し、各 branch には $D - A \cdot \sigma_{TD}$ だけ配分する、従って center には各 branch の hold-back の和だけが残っていて、それは、branch が発注点以下に落ちると、center から再配分される。システムの procurements はシステム全体の在庫量が発注点 K 以下になるとおこなわれ、 Q だけ発注する。 A, K, Q がこのモデルのパラメータで、その最適値を求めたい。そのために、以上の管理規則のもとでのシミュレーションを IBM 1410 で、数時間試行錯誤をして最適な A, K, Q の近似を得たが、結果はかなりのシミュレーション・ノイズを含んでおり、別の方法が望ましい。シミュレーション上のトラブルは procurement がシミュレータでは年2回しかおこなわないため、それをひんばんにするには非常に高くつく。それで次の解析的方法を考える。time average total cost は次の関数で与えられるとする。

$$T = \frac{H}{Q} \cdot \left\{ B + R(K, A) + \lambda P(K, A) \right\} + \left\{ \frac{Q - P(K, A)}{2} + K - D \right\} \cdot IC$$

$R(K, A)$: procurement あたりの再配分の平均費用

$P(K, A)$: procurement あたりの平均受注残数

λ : 受注残の費用

D : リード・タイム間の平均総需要

H : 年間の需要 (unit)

B : 発注の固定経費

I : 在庫費用 (%)

C : 在庫品の単価

R, P はシミュレータからの結果にもとづいて計算される。この T を Q, K, A で偏微分して 0 とおくことにより Q, K, A の最適値を求め得る。

この管理規則にしたがうと、double E.O.Q を使った場合の費用の30%から50%が節約できた。

(反町迪子)

[K-I-1] Soland, R. M., "Use of Weibull Distribution in Bayesian Decision Theory"

[決定理論/信頼性/応用的]

系の信頼性が関連を持つ決定問題を取扱う場合、系の寿命分布としてワイブル分布を仮定するのが便利である。

$$f(x|\lambda, \alpha) = \lambda \alpha x^{\alpha-1} e^{-\lambda x^\alpha} \quad 0 \leq x < \infty$$

この密度関数は現実の分布と可成りよく適合するばかりでなく、尤度関数が比較的簡単な形を持つからである。この論文では、さらに、形のパラメータ α が既知であると仮定している。問題の系と類似の系に対する過去の経験からこのような情報が既に得られていることも少なくないからである。

Bayesian の立場をとり、尺度のパラメータ λ の事前分布を想定する場合、その形としては、まず、事後分布が事前分布とパラメータこそ違え、同じ形をしていることが望ましい。さらに、効用関数の、これらの分布に関する期待値が簡単な式で表現できなければ有用でない。

n 個の器材を同時にテストし、 n 個中 r 個がそれぞれ x_1, \dots, x_r において故障し、残りは x_{r+1}, \dots, x_n において稼働していたものとする。このような観測事実に基づいて決定を行なうに当たっては、 λ の事前分布として、ガンマ分布

$$f(\lambda|r, y) = \frac{y^r \lambda^{r-1} e^{-\lambda y}}{\Gamma(r)} \quad 0 \leq \lambda < \infty$$

$$y \equiv \sum_{i=1}^n x_i$$

を採用することが上記の要請を満たしている。

これらの分布の有用性を示すために、著者は、既に寿命分布が判っている器機と、尺度のパラメータが不明の器機とがある場合、いずれを人工衛星に搭載すべきか、という例題を与えている。効用関数は容易に定義され、どのようなテストを行ない、その結果を用いていずれを採用するのが得策であるかを論じている。

(岸 尚)