



第19回 “探 索 理 論”

昭和46年4月2日 OR学会にて

出席者 高橋 進 (道路公団)・八尾 徹 (三菱化成)・御船 泰 (出光)・石井康雄 (富士通)・徳森 喬 (防衛庁)・中里溥志 (雪印)・池永英夫 (田村電機)・内野建夫 (中日能研)
 刊行物委員会 森口繁一 (東大)・森村英典 (東工大)・岸 尚 (防大)
 記録作成者 岸 尚

アイデアを捜す

A 本日のテーマは探索理論ということだが、こだわらずにどんどん脱線していただきたい。従来、探索理論というと潜水艦をつかまえるというイメージが非常に強いが、このように具体的な物体を捜すということだけではなく、探索に関する理論や方法論を他の分野の問題にも適用してみてもといったアイデアや、体験談、架空の議論等でも結構だ。まず手初めに探索ということについて、どういう興味やイメージをもっているかといったところから話を始めよう。

B 探索というと、やはり古本屋を歩いて安くて珍しい本を見つけることや、生物の収集が趣味なので珍しい昆虫や植物を捜すことを思いうかべる。仕事面では、プログラムの虫を見つける合理的な方法は何かということに非常に関心をもっている。

A 企業では情報の探索IRについての関心が高い。また、多変量解析で本質的な要因を捜したすのも一種の探索ではなからうか……。

B 犯人を捜すとか、システムの故障を捜すことも探索だ。また、ORは望ましい解決策の探索の理論だともいえよう。

A 経済の予測理論に比べて、技術予測はかなり低いレベルにあるように思われるが、これを引き上げる道具に探索理論は役だたないか？

B ソーティングでの探索では、アイテムの並び方がランダムだと $N/2$ 回、大きさの順に並んでいると $\log N$ 回で終了する。このような、計算機内の探索問題もある。さきほど、話が出たデバッグの問題などでは、近ごろのようにソフトのOSが巨大になると、エラーを発見するのは非常に困難で、すみず

みまで完璧であるより、そのシステムがうまく回ればそれでよいという考えがある。たしかに、使用頻度の高いのはごく一部分で、ここが完全であれば実用上はほとんど支障がない。このような意味でソフトのMTBF(平均故障間隔)が考えられるし、これが長ければそれでよいというのが現状である。

A 交通量の予測や、インターチェンジの利用度の予測などに探索理論は利用できないか？

B 20の扉やクイズなども探索問題だ。

A 20の扉のような問題では、必ず目標物に到達することができるが、統計的な問題ではそうでないチャンスがある。企業ではこれが非常に重大な問題で、実際には、右か左かを不確実なままに決めなければならない。

B ORマンとして、ある問題の解決策を見いだしても、どういうルートで上にあげていけば円滑に決定に持ち込めるかというルートの探索がある。この探索はやりなおしがきかない、また、失敗すればだれかが傷つくことになるので、やっかいな探索問題だ。

A 新製品を開発するときのブレン・ストーミングやマーケット・リサーチの際のプロダクト・マネジャーのアイデアなどは、一種の探索を行なっているといえる。

B 川喜多さんのKJ法では、それを内部探検と呼んでいる。同じような意味で、見つけたときに初めて何を捜していたのかがはっきりする探索もある。お嫁さん捜しなどはこれだろう。

A 私の知人で、24項目に及ぶお嫁さんの適格条件を指定した人がある。それぞれの確率を見積もって東京の女性人口にかけてやると、500人という数字が出たが、500人の適格者のうちの1人にめぐり

あう確率がすこぶる小さいので、なかなか結婚できず、逐次、条件を緩和して6項目ほど削除したときにやっと相手にめぐりあえた。

B これと反対に、ある物を捜す途中で自分が意図しなかった別の物を捜しあてることも多い。書類を調べるときにこうして得ている知識が非常に多いわけで、IRを推しすすめてなんでもかでも計算機でサービスするようにしてしまうと、人間の知識はかえって貧弱になってしまうのではないか……。

A 本棚でも同じことがいえる。小さい図書館だと捜している途中で思いがけない本を見つけたりするが、大図書館のカード式ではそうはいかない。

Neyman-Pearson の Lemma

B 図書館のあり方について、モース氏が、On Browsing という面白い論文をだしているので簡単に紹介する。総数 N の書棚から捜している1冊を見つけた確率 P は、探索の時間を t とすると、 $P=1-\exp(-\rho t/N)$ と書ける。ここで ρ は環境等の要素を含んだ定数で、通常 $\rho=100\sim 200$ 冊/分程度と見積もられる。これを使って図書館のあり方を議論しているわけだが、結論的にいえば、図書館の規模はあまり大きくするな、興味度のうすい本はしまっせまえということになる。興味度の尺度としては、利用頻度がとれば望ましいが、経過年数などをとつてもよいだろうといっている。昨年モース氏に会ったとき、この理論を使って図書館のシステム設計をするために、'69年にオーストラリアに指導に行ってきたといっていたので、非常に驚いた。今後MITでも利用したいということだった。探索理論が応用できる場合は、他にも多いのではないか。このようなことも含めて、探索論の現状はどうか？

A さきほどから話がでているように、探索論の守備範囲は非常にあまいだ。IAORの分類を見ても目標物の探知という問題はもちろんのこと、IRや根の問題まで含めて探索理論といっている。

IAORのアブストラクトに収録されている論文は、現在まで120編ほどにすぎないが、それらの分類はつぎのようだ。探索の努力配分問題30編(図書館の問題はこの応用になる)、探索のメカニズムの研究20編(この分野の研究はぼう大だが、そのうちの一部)、IRや根・極大値の探索に関するもの20編(これも全論文をもうらしていない)、Travelling Salesman や数理計画法に類するもの10編、応用問題10編、その他30編という内訳になっている。

B 自動診断や、航空機の離陸前のチェックで、不具合個所が起きたときの故障個所の発見にも探索理論が役だつ。故障の可能性のある機器が n 個、それぞれの故障の確率 p_i 、点検時間 t_i とし、故障は独立に起こるものとする、故障を発見するに要する時間の期待値を最小にするような点検のしかたが問題になる。この答は、 p_i/t_i の大きな i の順に点検しろということになるが、定性的にも非常に面白い解だ。ありそうな所から、時間のかからない所から捜せというのは教訓的だ。

A 秘書の書類箱の問題というのがこれだ。

B p_i/t_i の大きさによる探索の順序づけは、何も探索に限ったことではなく、一般的に評価をしているわけで、このように探索問題の背景にある評価体系の尺度は、かなり応用性に富んだ、一般的な原理なのではあるまいか……。

A プログラム・デバッグの問題には使えないか。

B 電算機プログラムでは経験的に虫の存在する確率 p_i はランチの個数に比例するといえる。デバッグの所要時間はステップ数に比例するから、この理論によれば、ランチ数/ステップ数の大きいものからデバッグをやれということになろう。

A これは非常に貴重なノウハウだ。

B いまの場合だと、1度捜せば必ず見つかるという問題になっているが、探索理論では、捜しても見のがすチャンスがあることを許した定式化をしている研究が多い。また、時間をコストで一般化し、点検と修理のコストを考えて、どういう順序で点検を実施し、どのへんで点検をあきらめてシステムを買い替えるかという、探索中止のルールまで含んだ研究などもある。これなどもかなり応用範囲が広いと思う。

A 探索の努力配分問題は統計のほうのNeyman Pearson の Lemma と同じ型だ。第1種の過誤を一定にして、第2種の過誤をもっとも小さくする棄却域は、検定力の大きいものから取り込んでいったものであるというこのLemmaは、定式化として必ずしも探索問題と同じではないが、いろいろな拡張や、問題に即した解釈ができるだろう。

B DPやNLPがずいぶん研究されているのに比べて、探索理論は従来不当に軽視されすぎたのではないか。かなり有用なモデルで、応用範囲も広いと思うが……。

A それに関して、昨年 の JORSA 誌 No. 4 に Shannon の興味ある調査が出ている。それは米国の

大学で教えられているORの手法について、実務家側はその必要性をどのように評価しているかという調査で、評価の高い順に並べると、確率統計、費用有効度、モンテカルロ法、LP、在庫、待ち行列、ネットワーク、取替え理論、ゲーム、DP、探索、NLP、という順になっている。DP、探索、NLPとほとんど優劣なく並んでいるが、わが国では、探索というと軍事的な分野でしか興味をもたれてこなかったように思う。

探索問題に努力を配分しよう

B 目標物の存在の形態と探索法というのは、かなり明確な関連があるのではないか。目標物が線分で一定方向をむいておれば、それに直交する方向から探すのがよい。

A それに類した問題に、Lost at Sea問題というのがある。海岸から一定距離の所で難破した船からボートで脱出したが、方位がわからなくなった。このとき、どのようにボートを進めたらよいかという問題だが、この解は円弧と直線からなるコースになる。

B 満州では、兵隊に自分が満鉄の東西いずれの側にいるかだけをしっかり記憶させて、迷子になったときには、西または東に歩いて鉄道線路に出ろということを教えていたようだ。しかし、フィラデルフィアで、I氏が同じ論法で自動車を走らせて逆のほうを向いていたという話もあるから、いいかげんにやるとあぶない。

A 北海道でスキーをやるときには、迷ったら沢へ出て谷を降りろ、そうすると必ず民家のある所にいられると教えられた。

B 探索問題を扱う場合、捜される物の構造が重要なのではないか。沢を下げというのは、これがはっきりしているから解決策が明快なわけだ。

A 潜水艦の探索などは、目標物の存在の構造がもっともわからない分野の話であって、現実にはこの構造がかなり明瞭なものが多いように思う。

B 兵隊のとき聞いた話だが、剣を飛行場で紛失した者がいて、その探索が問題になったときのやり方は、中隊全員を飛行場へ連れて行って一列横隊で手をつないで、端から端まで歩かせたということだった。これは非常に賢明なやり方で、飛行場で“散れ”とやったんでは、なかなか見つからないだろう。

A 一般的には、そのようなしらみつぶしの探索法が効率がよいが、飛行機や船による現実の探索で

は航法の誤差などが入って、2重に捜したり穴があいたりする。しらみつぶし法に対立するものが無作為探索という概念で、さきほどのBrowsingの話にでてきた式になっている。

B いままでの話は目標物が1つの場合だが、プログラムの虫のように、あちこちにたくさん目標物がある場合の探索理論はどうなるのか？

A 多目標物の探索理論はほとんど未開拓の分野だといってよい。多目標であってもそれらが独立に存在していれば1目標のときと同じことになるが、従属性があるとやっかいになる。全日空の727が東京湾に墜落したとき、遺体捜索の結果を集計してみると、いくつかの固まりとして遺体が収容されていた。

B いままで話がでているように、探索理論にもいろいろ面白い話題や有用な理論があるのだから、これらをまとめて本をだしたらどうか。また、不当に軽視されている偏見を打破するために、OR学会でも、探索理論部会を設けて勉強していこうじゃないか。

A 米国でもそうだが、探索理論が低調だというのは、主題を制限してしまったために、刺激が少ないからだと思う。また、応用的な色彩が強く、数学的な理論構成の面白味にも欠けているし、ORの基本的な手法というほどでもないという弱点もあるのではないかと……。

B 確かに、数学的にいえば高度な問題ではないにしても、それだけに勉強しやすいし、応用範囲も広いという長所になっているのではないかと。

A IRなどもIR屋がやると金物の話になってしまって、なんのためにやるのか、情報の構造はどうなっているのかなどが抜けてしまう危険性がある。OR屋が参加しないといけない。さきほども話があったように、なんでもかでも電算機にいれてしまうと、かえってマイナス要素になる。ほどほどに情報をバージすることが大切だ。

B それは在庫管理についてもいえることで、いかにして何を捨てるかが在庫管理の真髄だということもある。

A そのへんでも探索理論の努力配分問題が使えるのではないかと。いろいろな分野から問題を提供し、刺激を与えて、探索理論を育てていこうではないかと。きょうはたいへん面白い話が出て有益だった。

では、このへんで……。