

<特別講演>

大学における OR 訓練の最近の傾向について†

G. E. Nicholson*

通訳 海辺不二雄

こちらにありますように題目は「大学におけるOR訓練の最近の傾向について」です。目崎先生のご紹介、どうもありがとうございます。またこのように日本のOR学会の方たち、そのほかのゲストの方たちに対して、このようにお話する機会を持ち、招かれましたことを非常に光栄に思います。また今度の運営の幹事の方々に対しては、私個人ならびに外国の参加者全員を代表して、このようなすばらしい国際会館を直接見る機会を得たことに対して感謝の意を表したいと思います。

このような機会を通じて、日本の非常に古い伝統的な美を觀賞できるだけでなく、このような非常に新しい、ダイナミックな面に直接身に触れることができた点、非常にうれしく思います。

きょうこれからお話しする題目は、私自身がアメリカの大学院で統計学の研究ならびに教育訓練の主任 (chairman) をしている関係上、少なくとも私にとっては非常に関心の深い題目です。

もともと数理統計学の分野はORと非常に密接に関連ある分野として今までできておりますけれども、まだ1946年という、ORがまだ非常に若い時代には、結局アメリカの数理統計学会 (IMS)、アメリカ統計学会 (ASA) それぞれの会合を通して、OR関係の分野がアメリカの科学関係者たちに広く紹介されはじめ、普及されるようになったわけです。

最近ではだんだんとORの独立の学科がアメリカの大学で出てきていますが、今でもなお統計学科、これは理論統計学を教える学科ですが、これがOR関係の基礎的な訓練をなしているか少なくともその訓練に対する影響を強く現在でも与えているわけです。

私はきょうORの訓練の個々の科目について、最近新しい科目が導入されていますが、それらについていちいち細かく述べるつもりはありません。むしろいろいろとORの訓練——これは大学におけるORの訓練のほか、さらにORワーカーに対する訓練と同時に、他のいろんな科学者、技術者に対するORの訓練自体の方式についてひとつの批判を申し上げてみたいと思うわけです。

私が言わんとすることをひとつ、アメリカの大学におけるエンジニアの訓練に対する批判についての、ある記事を引用して説明してみたいと思います。アメリカの空軍は、次の問題の解決に6万ドルもの経費を出したわけです。

† 1967年8月14日 万国OR会議特別講演

* ノースカロライナ大学

問題を申し上げますと、もし宇宙へ飛び出すキャビンが流星によって穴が明けられた場合には、宇宙飛行士が、キャビンの気圧がある許容される気圧以下に下がる前に、彼の気圧服に入り込むのにどれだけの時間があるだろうかという問題であります。それに今の6万ドルの経費を使ったわけです。

それでこの問題が2人のエンジニアによって、次のように解決されたわけです。まずその仮定として、一定の大きさのキャビンを想定して、それに $1/2$ 気圧、華氏 68° の酸素40%、窒素60%のガスでいっぱいになったキャビンを想定したわけです。

そして流星によってあけられる穴が正確に予測されるわけではないので、4つの大きさの標準丸穴を想定しました。

それで今のような仮説をもとにして、その技術者は非常に精密な数値計算、つまり7090を使った数値計算によって解析したわけで、その結果有効桁数8桁で、その気圧対時間の解析をやったわけです。

しかしながら、今とは別なじゅうぶん近似的にうまく解決できる次のような非常に簡単な方法もあります。

もしも空気の漏れがそれほど多くなくて、じゅうぶん温度自身はキャビンの中の空調設備によって保たれるという場合には、気圧の変化は、 $p = p_0 e^{-t/\tau}$ となります。すなわち初気圧 p_0 から時間の経過と共に指数関数的に次第に気圧が低下していくことを表わすことができます。なお、 t は任意の時間、 τ は劣化を示すパラメーターです。

それである圧縮できない空気の流れを仮定しますと、次のベルヌーイ数式を導き出すことができそれをもとにして次にいろいろ導き出すことができます。

次に圧縮可能な場合をさらに想定しますと、次の三番目の数式が導き出されるわけです。もしも、先ほどの気圧低下がもう少し早い場合には、今度は温度の低下を伴います。しかしながらいずれにしても、今出した等温変化の場合と、断熱変化の場合の乖離のちょうど中間に少なくとも解が落ちるはずで。

それで今のような、それぞれの限界を示す解を導き出すには、流体力学を知っている人たちにとっては、数時間で到達できる解でして、これらの解析的な解のほうが、先ほどの数値計算による厳密な報告書に比べて、はるかに役立つ面が多いわけです。

それでまず第一には、さっきの解析的な解のほうが得られやすく、しかもそれを適用するにはるかに容易で、手早くできるという点があげられます。その点、先ほどの報告書では、まずそれがその問題に適用できるということを確認し、またその膨大な報告書を手に入れた目を通すだけでもいい加減時間が経ってしまいますが、それに比べて、解析的方法ははるかに実際に適用しやすいという点がまずあげられます。

二番目として、結局だれでも容易に記憶できて、いつでも必要に応じて喚び起こすことができる簡単な技術的解釈の理論を持っています。

三番目として、さらに、あらゆる初気圧、または温度そのほか、キャビンの大きさなどのあらゆる条件の場合に適用できるわけで、その点報告書の場合には非常に特定な場合で、しかもはたしてそのような例におつかるかどうかさえも非常にあぶないものです。

四番目として、先ほど8桁の正確さなどといいましたけれども、実際にはそれはなんら実際的な意味を持ってないわけです。というのは、まずそのキャビンの大きさの関数としての流星の、実際にぶつかる頻度といったものについては、今のところ推定できるのは、非常に誤差の大きい大ざっぱな関係しかわからないので、結局その8桁の精度というもの自身なんら意味を持ってないわけです。

さらにこの穴の問題全体、もともと確率的な問題でして、そのように扱わなければいけません。ところがもともとその数が非常に少ないので、したがってそれに対する相対的な誤差の割合は非常に大きいものになるわけです。

以上のような関係からして、解析的なほうが先ほどの報告書のほうに比べて、効率のほうは1桁多い。一方コストは逆に2桁ほど少ないであろうということから、全体のコスト対効用の関数でいえば、まず3桁違って有効であるということが言えると思います。

以上のような種類の問題に対する接近の仕方、取り上げ方が実は産業界において、数学者、統計学者やORワーカーたちを雇っている雇用主のほうから批判されている面です。つまり専門的な面で非常に視野の狭い訓練しか受けてない結果、そのような結果になってしまうという点で批判されているわけです。

ところがいろいろな会社や研究機関において、むしろ最初のほうの種類の問題が生み出されやすい傾向にある——いくつかのそういった会社、研究部門においてそのような圧力がかけている点がまず指摘されます。

そういう点をよく理解して、どのようにしてアメリカの大学での、博士課程の人たちを訓練して、いろいろインプットのデータの不的確、不十分な面を十分承知の上で、二番目のような近似的な解に到達できるようにするにはどのような訓練をすればいいかという問題が出てきます。

結局大学のほうとしては、そのときの必要に応じて、近似的な解しか得られないが、それでまた十分であるという場合に、そのような非常に手早い近似解析を行ない、しかも一方では、また必要に応じて何カ月もかかるような厳密な解決策も生み出すことができるような学生の訓練に力を注ぐべきではないかということが考えられるわけです。

しかしながら多くの大学教授たちは、はたして今の点が同時にうまく扱えるかどうか、非常に疑問に思っている人たちもいます。

その疑問を投げかけている一つの例としてある大学教授は非常に頭のすぐれた大学院の学生に、非常に高度な手法を教えることによって、その特定の専門分野のいろんな理論解析においては、非常に指導的な地位に押し上げるとか教育訓練することはできるにしても、しかし一方では必要な場合に適当な、先ほど言ったような近似計算を行ない、しかも非常に広い技術的な適用分

野において、妥当な解を導き出すような一つの正しい近似法を選び出すだけの深い洞察力を持つということ自身、実は教えて得られるものではないということを言っているわけです。

それで別の教授も、ある問題を簡単に、しかも的確に解決しようというためには、相当な分野について非常に深く専門的に掘り下げた経験豊かな人でないとだめであって、結局博士課程を終えてからのち、相当年期が入ってからでないと得られない一つの能力であるということを言っているわけです。

もう一つこの問題に拍車をかける点としては、大学教育における専門的な分化が激しくなってきたという点です。つまりある教授によれば、問題を非常に簡単に、単純に、的確に解決することを学生たちに教えることはできない。なぜかというと、教授自身がその方法を知らないからだということを批判しています。

また、結局その学問分野の環境自体がそもそもよくないのかもしれない。というのは、ある教授が今のような、非常に簡単に、しかも明確に、近似的に問題を解き、その背景にある物理的な現象面も的確にとらえて説明できるということ自身が、彼の同僚から非常に見下げられる結果になるかもしれない。というのは、むしろその問題を非常に複雑に、うまく凝ったほうに持っていくことによって、結局それだけ彼はすぐれた専門家であるというふうにむしろ尊敬されるといった感じの雰囲気がある傾向を助長しているのかもしれない。

つまり、すでに国内ないしは国際的にも権威であるというふうに、自分の地位を確立した人たちだけが、権威を汚さずに、一部の業績としてこのような非常に単純な解を提唱する、それだけの危険をおかすことができるのは限られたそういう人たちだと思います。

もう一つは、大学のこういった高度な研究を取り巻く経済的な環境がある面で不備である点がある。あるいは最後の問題と言えるのかもしれない。というのは、たとえばアメリカの大学院課程の経済的補助の大きな地位を占めるナショナル・サイエンス・ファンデーションのフェロシップは最大限3年だけしか資金援助を与えることが許されませんが、この3年間では博士号を取るのにはなかなかむずかしい。そういう点でどうしても学生自身が自費でさらにその期間を延長するか、さもなければこの年間で、博士号を取るのに役立つ勉強だけに限定してしまうという道しかとれないわけです。それがまたこういう狭い分野の教育しか学生が受けられないという点の一つの原因を作っています。

今のような類の問題が、われわれのような数理統計学、数学といった面で、OR的な面と関係の深い教育訓練をしている人たちの間で相当取り上げられてきている問題でして、すなわちわれわれ自身の役割として、単に狭い意味での専門の数理統計学者、数理科学者たちを人数多く訓練することだけが問題でなく、もっともっとわれわれの送り出している学生たちの質的な面についても考慮を払う、今のような問題、疑問に対して答えるというのがわれわれの役割ではないかということ最近非常に認識するに至っているわけです。

そのためにはまだ答は出ておらず、つまり傾向について今までどおりでいいのか、今のような

問題があるので少し教育の方向を変えていかなければいけないかという点は、目下討議されている最中で、近いうちに答が出るということを期待しているわけです。

質問 非常におもしろいお話を伺いましたが、私はオペレーションズ・リサーチの歴史を読んで、たとえば P. M. S. Blackett や P. M. Morse のようなすぐれた物理学者によってオペレーションズ・リサーチが開発されたということが、今ニコルソンさんの言われた一つの解決を示唆するのではないかと思います、ニコルソンさんのご意見はいかがでしょうか。

講師 今のご意見に賛成します。今のブラケットさん、モースさん、いずれにしても、いろいろと実験物理の訓練を受けた点から、先ほど述べたような近似的な、解析的な解を導き出すということを考えるような訓練を受けてきている。すなわち必要な解と、実際に入手、利用できるデータ、それらをお互いに天秤にかけて、それによって適当な解法を導き出すというようなことが実はできるわけですが、これは確かに受けてきた訓練の種類によるものとは思いますが。

しかしながら、ここで一つ注意を喚起したいのは、先ほどのある教授の批判の一つとして、むしろ単に教育の背景だけでなしに、個人の能力に負うところが非常に大きいという点を指摘しているわけですが、その点ブラケットさんも、モースさんにしても、単なる物理屋さんだったということもさることながら、個人として非常にすぐれていたという点が大きな一つの原因としてあげられると思います。

しかし、このように非常にすぐれた人だけしか OR を的確にできないという印象は残したくありませんので、ちょっと指摘したいと思いますが、私としても、十分この大学の訓練の価値というものをやはり認めざるを得ないわけでして、決してそういう生まれつきすぐれた人たちだけによるというべきではないと思います。

現に今までに、そういった科学の分野、理学の分野などにおける、今までいろいろと蓄積されている莫大な知識、ならびにコンピューターをはじめとするいろいろな技術的な発達、それらの成果としてのいろいろな道具を使うことによって、先ほどのようなモースさんをはじめとする、そういうすぐれた人たちでなくても十分役に立つ成果を生み出すことができる。その点を強調したいと思います。

その点は今まで蓄積された莫大な知識、技術を活用して、大学として先ほど言ったような的確な解を生み出すような、そういう学生をいかにして生み出すかということが、やはりこれからの大学に課せられた一つのチャレンジではないかと思うわけです。

質問 一度社会に出てから、いろいろな分野の専門家が OR 的な手法とか、数学的手法、あるいはプログラムの手法というものの必要性を、もっと勉強しなければいけないということで、再教育のために学校に帰るとか、あるいは会社自身がそういう人たちを再教育のために OR を専門に教えるようなところへ出すか、そういう傾向はだいぶあるんでしょうか。

講師 確かにそういう例は非常にあって、特に統計学などの場合には多いと思います。たとえば化学工学、応用化学の分野では、それに統計学が非常に重要であるという認識が得られたのは

14年ほど前でして、その結果アメリカでも、大きな石油会社では技術者を大学に送り込んで、ある場合は短期コースに出席させる、長い場合には1、2年も専門に勉強させるというようなことが行なわれています。

それはその前に統計学者を採用するというのもやってみました、あまりうまくいかなかった。その結果今のように学校で勉強させるようになりましたが、その理由は二つあって、一つは、そもそも専門の統計学者が非常に少ないため、なかなか採用しにくいということ。もう一つは、要するに石油会社のように化学屋さんが重要である、化学屋でないと従業員でないとと言われるような雰囲気において、ただ統計学だけを専門にしているという人たちはなかなか育ちにくい。出世できるような雰囲気でもないし、どうしてもなおざりにされる。そういう実際的な関係から、むしろ専門の、たとえばこの例であれば化学者に統計学を勉強させるということをしているわけです。

そのほか、大学へ技術者を送り込むということのほかにも、自分の会社の中に訓練計画を持つという場合もあります。顕著な例としてアメリカのベル研究所では、言ってみれば自分の会社、研究所の中に大学院に相当する学校を持っているという例さえもあります。以上