

OR 40 年 (5)

日本 OR 学会会長
中央大学 教授 今野 浩

5. ダンツィク教授の弟子となる

資格試験に合格して Ph. D. キャンディデートとなった私は、すぐさまダンツィク教授のもとに飛んでいった。

ダンツィク教授は、1947 年に線形計画問題の解法である単体法を発表して以来、20 年以上にわたってこの分野の先頭に立ってきた大先生である。若いときは単体法が一番乗りをめぐる、ライバルの A. Charnes 教授らと間で激しい争いがあったということであるが、とうの昔に決着がついていた。

プリンストン大学の A. Tucker 教授門下の数学者グループ (R. Gomory, D. Gale, H. Scarf, L. Shapley ら) と、ダンツィク率いるアルゴリズムの専門家たち (R. Fulkerson, A. Orden, P. Wolfe, W. Orchard-Hays ら) ががちりと手を組んで、1950 年代から 1960 年代のこの分野の発展を支えていた。

そして、1970 年代初めにタッカー教授が現役を引退すると、ダンツィク教授が天下を統一し、数理計画法の父と呼ばれるようになる。かつてジョニーといえばフォン・ノイマンを指したがごとく、OR の世界でジョージといえばダンツィクを指す、というくらいの地位と名声を獲得するのである。

しかし今になって考えると、この頃のダンツィク教授の活動には、やや陰りが見られるようになっていた。なぜなら線形計画法という豊穡な油田は、20 年間の採掘によって油が枯れかけていたからである。私は級友との会話の中でこのことに気づいていた。“ダンツィク教授は線形計画法の外に出ようとしない。もう先が見えている”，という厳しい言葉を口にする学生もいた。

しかし私は、ダンツィク教授以外の指導を受ける気にはならなかった。あと 6 ヶ月ほどで留学期間は終わる。それまでに博士論文を仕上げることは不可能であ

る。ここで良いテーマを見つけて、あとは日本に帰ってからの勝負になるだろう。そのためには、人柄の良い信頼できる先生を選ばなくてはならない。数理計画法の優秀な研究者は、ダンツィク先生以外にもいたが、長期契約を結ぶとしたらこの人しかいない、と考えたのである。

資格試験を上位の成績でパスした私を、先生は喜んで受け入れて下さった。そしてこの日から私は、文字どおり先生の弟子になった。

兄弟子たちの中で、傑出していた 2 人のうちの 1 人であるイラン・アドラーは、抽象凸多面集合の研究に取り組み、線形計画法の分野に残された最大の難問、「ハーシュの予想」の解決をめざして、先生と緊密な関係の下でがんばっていた。

もう 1 人の秀才トム・マグナンティ (この人は 40 代の若さで米国 OR 学会の会長になった) は、新しく出現したマトロイド問題に取り組んでいたが、先生はこの研究にはほとんど関心を示さなかった。端から見ても、この 2 人の関係は余り良好とはいえなかった。

あとの 4 人は、Ph. D. キャンディデートになってから 2 年以上経つにもかかわらず、まだ論文のテーマすら決まっていなようなパラサイト学生だった。この様子を見て、私は先生の本格的指導を受けるためには、アドラーのように、先生の関心の対象となり得るテーマを選ぶ必要があることを痛感した。

ダンツィク教授が生涯を通して情熱を注ぎ込んだのは、超大型の線形計画問題の効率的解法の研究である。初期の有界変数法、基底行列の 3 角化法、分解原理、そして 1960 年代後半の一般化有界変数法などは、この流れの中に位置する。

近い将来、大規模組織の経営計画や不確実性の下での最適化問題を扱ううえで、10 万変数、100 万変数の線形計画問題を解く時代がやってくることを見越して、20 年にわたって超大型問題に特有な構造を生かした

効率的解法を研究してこられたのである。

そこで私は、このテーマを選べば間違いなく先生の手厚い指導が得られると考え、階段状の制約式をもつ大型線形計画問題に関する効率的解法の研究に取りかかった。いくつかのアイデアが浮かんだが、どれもあるところまで行くと壁が出現した。昔から大勢の研究者が取り組んできたテーマだから、うまくいかならずに誰か（例えばダンツィク先生）が見つけていたのであろう。しかしそれにもかかわらず私はこの問題に取り組んだ。アイデアが出るとすぐさま先生のオフィスを訪れた。

日本の大学では、有力教授は研究・教育以外の雑事や会議、さらには企業やお役所とのプロジェクトなどで忙しく、アポイントメントを取ろうとしても、1週間近く待たされるのは当たり前である。しかしここでは世界の先生が、月曜から金曜まで朝10時から夕方5時までほとんどオフィスにいて、時間に空きがあればいつでも学生の話聞いて下さるのである。

残念なことに、結局どのアイデアもうまく実を結ばなかった。大先生に無駄な時間を過ごさせてしまったことが引け目となり、私はしばらくオフィスに顔を出せずにいた。何週間ぶりかで訪れた時、先生は“ずっと君が来るのを待っていたよ”とってはげまして下さった。このあとも何度か、先生の激励の言葉に救われるのであるが、これがその第1回目である。

もう5月も終わろうとしていた。留学期間はあと3ヶ月しか残っていない。勤務先には、資格試験に受かった段階で留学期間延長願いを出したが、予定通り9月には帰ってくるように指示が出ていた。テーマも決まらずに日本に帰ったら、5年の資格有効期限内に博士論文を完成させられる見込みは極めて小さい。

しかし、世の中は何が起るかわからないものである。いったんはPh. D. 取得を諦めかけた私のもとに、“1年の留学延長が決まりました。これは所長の命令です。かくなる上は、必ずPh. D. を取るよう頑張ってください”，という上司の手紙が届いたのである。応用物理学科への所属が決まったこと、突然留学を命ぜられたことに引き続く、3回目の幸運だった。

私は、なぜこのような決定が下されたかよく分からなかった。しかし理由はともあれ、1年3ヶ月の時間が与えられたのである。私にとっては、一生のうちで最も貴重な15ヶ月間だった。

数ヶ月を無駄にした私は、線形計画法で博士論文を書くことは諦めた方が賢明だと考えた。友人たちの言

葉どおり、この鉱山は長い間の採掘で掘りつくされていたのだ。したがってこの分野で勝負しても、落ち穂拾いがいいところだ。そして落ち穂拾いでは、博士論文にはならないだろう。

線形計画法そのものではなく、しかもダンツィク先生の関心の対象となり得る問題とは何か。難しすぎずやさしすぎず、しかも注目を集めるテーマはなかなか見付からなかった。残りの時間は9ヶ月を切り、研究所との約束が重くのしかかってくる。

“求めよ、さらば与えられん”。クリスマス休暇に気分転換のために訪れたモンレー海岸で、一つのアイデアが浮かんだ。線形計画問題を“少々”一般化した双線形計画問題に、Hoang Tuyの切除平面法をあてはめるというアイデアである。

「双線形計画問題 (bilinear programming problem)」は、1966年にM. Altmanによってゲーム理論との関連で考察された問題である。これは、 n 次元の変数 x と m 次元の変数 y に関する双1次式を、線形制約式の下で最小化する非凸型2次計画問題の一種であるが、私はこの問題が極めて多様な現実問題に応用可能であることに気づいていた。

一方ホアン・トイの切除平面法は、1964年に凹関数最小化問題に対して提案された魅力的な方法である。Doklady誌に発表されたトイ教授の論文は、わずか2ページという短いもので、そこには細かいことは何も記されていない。コトル教授は、“この方法は大変魅力的だが、おそらく一般の凹関数最小化問題に対してはうまくいかないのではないか”，といていた。

しかし私は、双線形計画問題に限って言えば、トイのアイデアに工夫を施すことによって、厳密な解法を構築することができる可能性があると考えた。

この話を聞いて、ダンツィク先生は強い関心を示して下さった。私はそれに力づけられ、この問題に本格的に取り組んだ。研究は面白いように進み、6ヶ月後にはほぼすべてが完成した。

第1部はアルゴリズム、第2部は応用を扱った150ページに及ぶ博士論文のタイプが終わったのは、6月末だった。ダンツィク先生はこの論文を見て、“Beautiful!”という言葉でねぎらって下さった。そして7月半ばに行われた最終審査会で、Ph. D. 授与が確定する。

このときの審査員は、主査がG. ダンツィク、審査員はR. コトル、B. C. イーブス、D. ルーエンバーガー、G. グラブという豪華メンバーだった。私は黒澤

明、篠田正浩、鈴木清順、山田洋次、周防正行監督の前でオーディションを受ける駆け出し俳優のように緊張したが、審査会は呆気ないほど簡単に終わった。

“Congratulations”と手を差し出す教授たちは、どうせ学位を出すのなら、ごたごたうるさいことを言わずに気持ちよく送り出してやろう、と考えて下さったのだろう。

すべてが終わった8月初め、私は全米の有力大学を巡る旅行に出発した。ピッツバーグのカーネギー・メロン大学を振出しに、レキシントンのケンタッキー大学、ニューヘブンのイエール大学、そしてイサカのコーネル大学まで行って折返し、アン・アーバーのミシガン大学、シカゴのシカゴ大学、マディソンのウィスコンシン大学、ボルダーのコロラド大学をまわったあとスタンフォードに戻るといって、30日間1万キロの車の旅である。

このスケジュールは、ダンツィク先生のつてを頼って立てたもので、カーネギー・メロンではE. Balas, R. Jeroslow, G. Thompson, ケンタッキーではR. Wets, イエールではE. DenardoとH. Scarf, コーネルではR. FulkersonとM. Eisner, ミシガンではK. Murty, シカゴではR. GravesとW. Zangwill, ウィスコンシンではO. MangasarianとJ. B. Rosen, コロラドではF. Gloverといった大先生たちの歓待を受けた。

駆け出しのPh. D.がこのような大先生たちのアポイントメントを取ることができたのは、ダンツィク先生の紹介状が水戸黄門の印籠のような威力を発揮したおかげである。

「事件」は旅の折返し点のコーネル大学で起こった。ダンツィク先生の古くからの友人で、ライバルでもあるファルカーソン教授にお会いして、“双線形計画法アルゴリズムは、ある種の組み合わせ最適化問題にも原理的には適用可能なはずだ”という話をしたところ、先生は即座に、“そんな問題が解けるはずはない！”と断言されたのである。

当時のスタンフォードには、整数計画法や組合せ最適化の専門家は一人もいなかったのだから知らなかったが、1970年代の初めといえば、R. KarpらがNP完全問

題という概念を定義し、その性質をみだす問題はどれももうまく（速く）解けそうもない、という大理論を打ち立てたばかりの頃である。ファルカーソン先生は、私のあげた問題が、紛れもなくこのNP完全クラスに属していることを見抜かれたのである。

もちろん私は、自分のアルゴリズムが、この問題を“速く”解くことができるものではない、ということ承知していた。しかし原理的には有限回の反復で解けるといのが私の主張である。しかしこれだけ明快に否定されたことで、私は自分が証明した定理をもう一度よく吟味する必要があると考えた。

ダンツィク先生をはじめ、審査委員全員がOKを出した論文であるが、その中の最も重要な定理の証明に、やや気になるところがあったのである。ウィスコンシン大学に着いたころには、旅の前半のうかれた気分はけし飛んでいた。

スタンフォードに戻った私は、帰国を前にしてパークレーのイラン・アドラーを訪れた。博士論文もでき上がらないうちに、有力大学のIE/OR学科の助教授に迎えられた強者である。いま考えると、これはユダヤ人グループによる情実人事だったような気がするが、私は彼の剃刀のような切れ味に畏敬の念を抱いていた。

個人的にはつきあいたくないこの男が珍しく電話をかけてきて、私の博士論文について話を聞きたいといっているので、ちょうど良い機会だと思ってこのリクエストに応えたのである。

ところが私の説明の途中で、アドラーはいきなり、“そこが間違っている”と叫んだ。まさに気になっていた部分である。そして、“君の証明に誤りがあることは、簡単な反例によって示すことができるはずだ”と言ったあと、流石に言いすぎたと思ったのか、“It's wrong. But it is something”とあって、鋭い視線で私を凝視した。おそらくアドラーは、後輩が書いた“beautiful”な論文が気になって、その内容を詳細に吟味した結果誤りを見つけたのだろう。

わざわざ本人を呼び出して、このような形でその間違いを指摘したのは善意なのか、それとも悪意なのか。私の17年にわたる双線形計画問題との格闘は、こうしてはじまったのである。