

アルゴリズムと特許

—その4. カーマーカー事件その後—

今野 浩

今回は前回の記述を踏まえて1990年以降のカーマーカー事件の劇的な展開について報告しよう。

【OB1登場】 KORBXの販売が軌道に乗り出したかに見えた1990年10月のこと、ラトガーズ大学のシャノ(D. Shanno)、ジョージア工科大学のマーステン(R. Marsten)、プリンストン大学のルスティグ(I. Lustig)の3教授が経営するソフトウェア・ハウス「XMP社」が、主・双対内点法を用いた線形計画法ソフトウェア「OB1」の販売を開始した。このグループは、カーマーカー法が発表された直後から、内点法を用いたソフトウェアの試作を行ってきたが、88年以降、小島政和氏(東京工業大学)のグループが提案した、主・双対内点法のインプリメンテーションにとりかかり、89年には大学関係者に対して、テスト・バージョンの無償提供を行なっている。そして、これに改良を施した本格バージョンを、約5万ドルというきわめて常識的な価格で発売開始したのである。

またこの3教授らは、1990年に米国OR学会の機関誌Interfaces誌に、「内点法:ニュートン-ラグランジュ-フィアッコ=マコーミック法と呼ぼう!!」という刺激的なタイトルの論文[1]を発表している。この中で彼らは、OB1がニュートン法(1687年)、ラグランジュ乗数法(1788年)、およびフィアッコ=マコーミックの内点罰金法(1968年)の3者を組み合わせたものであって、カーマーカー特許とは独立であることを強調し、Cray Y-MPを用いれば、KORBXが、Alliant FX/8上で得た結果よりも、10~40倍速く超大型線形計画問題を解くことができる、という報告を行なっている。もちろん、CrayはAlliantより高速の計算機である。しかし、OB1はKORBXとは違って、スーパー・コンピュータからワークステーションまでの、広いプラットフォームに対応するものであった。

筆者は、たまたまOB1の一般発表直後に、シャノ教

授を訪れる機会があったが、XMP社に対するAT&Tの対応は、次のようなものであったという：

……XMP社が実施した、アカデミック・ニュースの無償提供については、AT&Tは学術の利用は特許の対象外とする、という方針どおり特別な要求は行なわなかった。しかし一般発売に関しては、AT&Tは特許に抵触するものとして警告を行ない、数カ月間の交渉の結果、XMP社がOB1の売り上げの5%を支払うことで和解した。OB1に使用した“主・双対-予測子・修正子内点法”アルゴリズムは、古くから公知の方法を組み合わせて作ることができるものであり、カーマーカー特許とは異なるアルゴリズムであるものと考えている。しかし、零細企業としては、1時間300ドルの弁護士費用を支払った上に、勝てる保証のない何年も訴訟に巻き込まれるよりは、5%の支払いで済めば安いものであると判断した……。

当時の特許使用料の相場は販売価格の5%から33%までの範囲とされていたから、AT&T側は最低の条件で折り合ったわけである。しかし専門家の立場から見ると実行可能領域の内部を通るという点を除けば、全く別のアルゴリズムであるにもかかわらずこのような結果となったのは残念なことである。なおXMP社ですら5%の特許料を支払わされたことからみて、AT&T側はこれを下限として、カーマーカー特許により近い内点法を用いたソフトウェアに対しては、より多くのものを要求してくる可能性が高い、というのが大方の見方である。

【KORBX撤退】 OB1から5%を徴収することに成功したAT&Tは、その一方でOB1によって決定的なダメージを受けることになった。そして、OB1発売後まもない1990年末には、890万ドルのKORBXの市場からの撤退を決定し、その販売部隊も大幅縮小を余儀なくされた。AT&Tはその後、KORBXを改良した10~20万ドル程度のニューバージョンを販売することに方針を転換したが、1991年の夏、国際数理計画法学会のオーチャード・ヘイズ賞(これは過去3年間に開発された最も優れたソフトウェアを表彰するものである)が、KO

R B XではなくOB 1に対して贈られることによって、K O R B Xの敗北は決定的なものとなった。

かくしてAT&TのKORBX戦略は、全くの失敗に終わったわけであるが、その失敗の原因は、890万ドルという途方もない価格設定と、研究者ネットワークの強靱さを過少評価したところにある。

まず価格であるが、線形計画法パッケージは、普通数十万円から高くても数百万円の範囲に納まるものがほとんどであり、しかもこれで普通の問題なら十分速く解けるのである。内点法が力を発揮するのは、変数の数が数十万個といった超大型問題であるが、このような問題を日常的に解く必要のあるユーザーは、かなり限定される。そのうえ、890万ドルもの支出を経営者たちに納得させられる企業など、そう幾つもあるものでない。このことは、当初11社に売られたとされていたKORBXが、実際には2社にしか売れなかった、という事実から見ても明らかである。仮りに、KORBXの値段が100万ドル以下に設定されていたならば、OB 1登場までの1年間に、かなりの売り上げが可能であったと思われるだけに、AT&Tの市場調査には、決定的なミスがあったとしか言いようがない。

【カーマーカーその後】 カーマーカー法は、専門家の常識を完全に覆す画期的な解法であった。しかし、射影変換法にせよアフィン変換法にせよ、アイデアが新しいほどその改良の余地が大きく、また旧来の方法との融合によって、予想もしないような急展開をとげる可能性が大きいものである。それを予想したからこそ、AT&Tは特許請求の範囲を、なるべく広く漠然と記述したのであろうが、優れた研究者たちによる努力の積み重ねは、その予想の範囲をはるかに越えたのである。

内点法は1985年以来、世界の最も優秀な頭脳が参集して研究が進められた分野であり、現在でも次々と新しい方向に展開をつづけている。しかしAT&Tとカーマーカーのグループは、世界に散らばる優秀な研究者ネットワークから孤立し、新しい発展に乗り遅れる結果となってしまった。筆者はラトガーズ大学でシャノ教授から、AT&TとXMP社の間のやりとりを聞いたその翌日、マレー・ヒルにあるベル研究所で、カーマーカー氏とそのグループに会い、数時間にわたって研究上の情報交換を行なう機会があった。

すでに、ランチェスター賞やファルカーソン賞などの大きな賞をいくつも受賞し、34才の若さでベル研のフェローとして、あらゆる研究上の特典を与えられた同氏で

あったが、当時は内点法を0-1整数計画問題に応用する研究を行なっているとのことであった。この分野を少々かじったことがある筆者は、このアプローチの大胆さに驚かされたが、その直後にフィラデルフィアで開かれた、TIMS/ORSAの大会に出席したこの分野の指導的研究者が、誰一人としてこのアプローチに関心を示さなかったことは、きわめて印象的であった。果たせるかな、3年を経た今日に至るまで、画期的な成果が得られたというニュースは届いていない。

カーマーカーがダンツィクと並んで、数理計画法の世界に不滅の名を残すことは間違いない。しかし、研究者ネットワークから孤立した同氏の今後には、かなり厳しいものがあると思われる。半分はみずから招いた結果とはいうものの、AT&Tの“戦略”がもう少し常識的な範囲に止まっていたならば、カーマーカー氏がダンツィク教授とともにノーベル賞を受賞することもありえないことではなかっただけに、数理計画法の世界に身を置く者としては、誠に残念な事件であった。また、研究者としての感傷は別としても、AT&Tの情報秘匿と常識外れの価格設定によって、内点法の普及が数年遅れたことは、社会的に見ても大きな損失であった。

【日本特許庁KORBX特許を拒絶】 さてAT&Tは、米国内で特許が成立することを予想して、日本においてもほぼ同様の特許申請を行なっている。しかしこれに対して特許庁は、1991年3月に拒絶査定を行なったので、文献[2]からその概略を引用しよう：

AT&Tによる効率的資源割当てのための方法および装置(特願昭和61年501865号)に対する特許請求範囲は、以下のとおりである。

「資源割当ての制約が多次元空間における凸多面集合(P)で表わされ、割当てコストが多次元空間におけるコストベクトル(C)で表わされる線形計画法モデルについての、当該凸多面集合とコストベクトルが記述されているメモリ、およびそのメモリに記述されている凸多面集合およびコストベクトルを参照して

- ① 凸多面集合の内部の位置にある資源割当て出発点を選定し、
- ② その出発点のアフィン・スケーリングされたものが、凸多面集合のアフィン・スケーリングされたものにおいて幾何学的により中心化されるようなアフィン・スケーリングを決定し、
- ③ アフィン・スケーリングされた凸多面集合に射影された凸多面集合に影響されたアフィン・スケーリ

ングされたコスト・ベクトルに依存して決められる方向に出発点を凸多面集合上で進めた次の点を求め

④ 得られた所が所点の評価規準に適合したとき、その点を最適資源割当てを表わすものとし、適合しないときその点を更新して①～③の手順を保持するプログラムからなる最適資源割当て装置]

一方、この出願に対して1991年3月に特許庁が行なった拒絶審査理由は以下のとおりである。

本特許請求範囲第1項記載の①項から④項中の“①～③の手順を繰り返す”までの計算手法は、紙と鉛筆で計算するにしても、算盤で計算するにしても、デジタル・プロセッサを用いて計算する場合においても、そのプロセッサの設計思想・アーキテクチャに関係なく、その計算手段の特性に何ら影響されることなく所期の目的を達成し得るものである。そして上記特許請求の範囲には、初期値をメモリに記憶するという、デジタル・プロセッサを利用する場合に当然必要となる自明な事項以外、計算手段がデジタル・プロセッサであることに起因する計算手法上の特殊事情はなんら存在しない。すなわち本願発明の手法もまた純粋に数学である。……また本願の特許請求の範囲の第1項記載の発明においては、計算手段がデジタル・プロセッサであることに起因するものはなんら存在しない。すなわち該発明における計算手法としてのプログラムと、計算手段であるデジタル・プロセッサの間になんらつながりはなく、その作用、効果もプログラム自体のものであり、プログラムはプロセッサの機構を直接または間接に制御し、プロセッサ自体の能力を引き出し、高めることによる効果ではない。このことから、該発明は形式的にはデジタル・プロセッサという装置を規定しているが、その実態はデジタル・プロセッサにおけるプログラムであり、デジタル・プロセッサの利用形態、すなわち、計算手法そのものであることは明らかである。

この判定に対してAT&T側は、線形計画モデルのプログラム内蔵デジタル・プロセッサにおける高速処理、という技術的課題を解決するものと主張したが、受け入れられなかったという。AT&T側はこの審査結果を不服として審判請求を行ない、審判部で審理中ということである。すでに述べたとおりソフトウェア特許審査は審査官の判断による部分が多いので、審査結果は予断を許さないが、最近特許庁が発表した新しい審査基準を見る限りではこの判定はまず覆らないものと思われる。しか

し、万が一にもこのようなことが起こらないよう、われわれは機会あるごとに率直な意見表明を行なう必要がある、というのが筆者の見解である。

【超大型線形計画ソフトウェアの現状】 ここで、大型の線形計画問題を解くための、コマーシャル・ソフトウェアの現状について述べておこう。

まず、単体法を用いたソフトは、パソコン用からスーパー・コンピュータ用まで数百種のものがあるが、その中で大型問題に対して最も強力とされているのが、CPLEXとOSLibである。前者は米国ライス大学のビクスビー(R. Bixby)らが、20年の歳月をかけて開発したもので、10万変数程度までの問題については、OB1と遜色ないパフォーマンスを示すことが確かめられている。またIBM社が開発したOSLibは、1950年代以来の同社の蓄積を集大成したもので、線形計画法以外にも多くの機能をそなえている。しかし、数十万変数を越える問題群に対しては、OB1とOSLibの単体法ルーチンの計算速度には10～20倍程度の開きがあるという。

一方、内点法を用いたコマーシャル・ソフトで最先端を争っているのが、OB1、OSLib、そしてわが国の数理システム社のNUOPT/IPである。このうちOB1については、1991年8月の時点で、航空機乗務員スケジューリング問題に用いられる1300万変数(制約式は約800本)の問題を解いた、という報告[1]がある。また1992年11月のORSA/TIMS大会におけるシャノ教授の報告によれば、27万制約式、135万変数という途方もない超大型問題が解けたという。この規模の問題になると、単体法は全くのお手上げである。一方、OSLibの内点法ルーチンは、(AT&Tとのクロス・ライセンス契約にもとづく)、双対アフィン変換法を使用したものであるが、その性能はOB1には及ばないようである。最後に、数理システム社のNUOPT/IPは、山下浩氏が提案した主・双対内点法を用いたものであるが、山下氏によれば反復関数に関してはOB1より少なくて済むということである。

かくして、“従来より50倍から100倍早い方法”という、1984年のカーマーカーの発言が実現される可能性が生まれるとともに、単体法が1947年以来約40年にわたって築き上げてきた、“10年で10倍”の法則(10年ごとに解ける問題のサイズが10倍ずつ大きくなるという経験則)は、カーマーカー法登場前の予想を覆して上方に修正されたのである。

しかし、これによって単体法の命脈が尽きたのかとい

えば、そうではないことに注意しておきたい。その理由の主なものを挙げると、

- (a) 実用上の線形計画問題の大半は、変数が数万以下のものであり、これらの問題群に対しては、単体法の方が効率が良い。
- (b) 線形計画法を実務に応用するにあたっては、与えられた問題を解いたあと、制約条件を追加・削除した問題を解いたり、データを変更した問題を解く作業（いわゆる感度分析やパラメータ分析）が重要な役割を担っているが、この種の作業にあたっては現在のところ単体法の独壇場である。

などである。おそらく近い将来、内点法と単体法を融合した、高速かつ使い勝手のよいソフトウェアが主流となるであろう。事実、すでにOB1とCPLXを併用して超大型問題を解くプロジェクトが進んでおり[3]、2000年には現在よりさらに1けた大きな問題が解けることは、ほぼ間違いないものと思われる。

話はやや脇道にそれるが、最近わが国での線形計画法ソフトウェア開発に関して、気がかりな事件が発生したので、これについて述べておこう。わが国のあるソフトウェア会社が、カーマーカー法とは別の新しい内点法を用いたソフトウェアの作成にあたって、政府の外郭団体に開発経費補助の申請を行ない、1992年に内定通知を受け取った。しかし、その後間もなく政府当局の意向によって、内定取消しになるという事件が発生したのである。取消しの理由は、「米国で開発されたソフトウェアと対抗するためのソフトウェア作りに対して、政府が資金援助することには問題が多い。そのようなソフトウェアは、米国から購入するのが筋である」というのである。これは、AT&Tの特許問題を意識しての決定と思われるが、米国との摩擦を懸念するあまり、このような論理でいったん内定した資金援助を取消すようなことでは、わが国のソフトウェア産業の将来はまことにあやういものがある。

【国際数値計画法学会の提案】 さて、ここで1991年の6月に発表された、「国際数値計画法学会アルゴリズムと法律に関する委員会」による報告[21]について述べることにしよう。

この委員会は、カーマーカー特許成立直後の1989年に設置されたもので、その目的は「特許が数値計画法の研究と教育に対して及ぼす影響と、それに関連して学会がとるべき立場を明確に示すこと」とされている。委員は、ダンツィク(G. Dantzig)、ゴールドファーブ(D. Gold-

farb)、ローラー(E. Lawler)、モンマ(C. Monma)、ロビンソン(S. Robinson)の5名からなるもので、その主査は(アメリカの良心ともいうべき)ロビンソン教授である。メンバーの中に、単体法の創始者であるジョージ・ダンツィク教授とAT&Tベル研から分離独立したBell Communication Researchのクライド・モンマ博士が参加していることが注目される。

報告書はまず、「数値計画法学会は国際的学会ではあるが、議論の対象を米国における特許とそのアルゴリズムへの適用のみに限定する」と断った上で、数値計画法の実務家の立場から以下のような分析を行なっている。

アルゴリズムは、典型的な場合は1人の個人、もしくは数名のグループの共同作業として、高度に分散した形で設計される。これには特別な道具が必要なわけではなく、資源もコストもほとんどかからない。この仕事にかかわっている人の数は、市場のニーズに比してきわめて多い。独立の再発見は日常的に起る現象である。

数学的アルゴリズムの開発者がそれを公開することに関しては、長い歴史がある。すなわち開発者は科学専門誌における出版や、学会における発表、という広く受け入れられているチャンネルで公開するのが慣例となっている。これらは、方法の理論的根拠、インプリメンテーションの詳細、応用問題に対するケース・スタディーなどからなっている。実際、アルゴリズム開発は、それに先立つ仕事の一般化や、状況に応じた解法原理の改良などからなっている。

アルゴリズムの最終商品（もしそれがあるとするならば）は、通常の場合ソフトウェアパッケージであるが、ここにおいても、そのインプリメンテーションは、ごく限られた数の個人によって行なわれる。もちろん、最適化ソフトウェア・パッケージを作るにあたって、ユーザー・インターフェイスやデータ処理を行なうために、多数のグループが関与することもある。また、ソフトウェアのマーケティングや配布、メンテナンスを行なうための人々も関与することであろう。

最適化ソフトウェアの製造、配布、広告に要する費用は、多くの場合きわめて少額である。そうでない場合があるとしても、一般的に言ってお金がかかるのは、アルゴリズムのインプリメンテーションの過程であって、アルゴリズム開発そのものではない。ソフトウェアの製造業者は、インプリメンテーションに対する投資への保護を必要としてはいるが、アルゴリズム開発、

そのものの保護はほとんど必要としていない。アルゴリズムは特許が存在しない場合は、数学や基礎科学と同様、誰でも自由に利用できるものである。これまでのところ、最適化ソフトウェアの開発者は、一般的原理は公開するが、インプリメンテーションの詳細を秘密に保つことによって、投資を防護するのが伝統的なやり方であった。ソフトウェアの著作権は適切な保護手段の1つであり、現在広く採用されている。さらに“画面仕様”に関する未解決の問題はあるにせよ、著作権保護の法的問題は、相対的には十分に決着がついているものと考えられる。

このように述べたあと報告書は

- (a) アルゴリズム特許は（その本来の主旨である）「発明に対するインセンティブを与える」ことにつながるか
- (b) アルゴリズム特許はソフトウェア業者に必要な保護を提供するか
- (c) 特許商標庁はアルゴリズム特許を審査する能力があるか

という3つの問いを発し、これらのすべてに対して明確にNoであると断定した上で、アルゴリズムは本来特許になじまないものであること、およびアルゴリズム特許が研究教育にきわめて有害である、という根拠のもとに以下のような提言を行なっている。

- (1) 数理計画法学会（MPSと略す）は、研究教育に有害であるという理由でアルゴリズム特許に反対する決議を行なうべきである。
- (2) MPSは、その姉妹学会（SIAM, ACM, IEEE, AMSなど）に対して、アルゴリズム特許に対する同様な立場を明らかにするよう主張すべきである。
- (3) MPSは、その出版物を通じて、アルゴリズムの特許が望ましくない理由についての情報を提供すべきである。
- (4) MPSの会長は、議会のメンバーに対してアルゴリズムを特許の対象としないこと、そして可能ならばすでにアルゴリズムに付与された特許を無効とすると宣言する法律を成立させるよう、文書によって勧告すべきである。
- (5) MPSは、他の機関がアルゴリズム特許に対して反対する活動を支援すべきである。その際、数理計画法に関する事実情報や歴史の提供を行ない、数理計画法の研究・教育に対する特許の影響について言

及すべきである。MPSはまたその会員に対しても同様の行動を取るよう促すべきである。

この報告と提言の内容は、筆者が知る限りでは、ソフトウェア／アルゴリズム特許に対して出されたさまざまな反対意思表示の中で、最もラディカルなものであるが、主査を務めたロビンソン教授によれば、学会員から寄せられた意見は、すべてこの見解を支持するものであったという。

しかし、この報告書の公表後2年近くを経た今日でも、数理計画法学会理事会が具体的な行動を起こした、という事実はないようである。理事会としては、国際的組織である学会が、米国の特許政策に口出しするのは穏当でないかと判断したか、この文書の公表だけで十分なインパクトがあったと判断したかのいずれか（あるいは両方）である、というのが筆者の推測である。ちなみに、数理計画法学会の現会長であるオランダのレンストラ（J. Lenstra）教授は、1992年10月の筆者との会話の中で、「この文書の公表と、OB1に対するオーチャード・ヘイズ賞の授与によって、すでに学会の中ではカーマーカー事件の決着はついている」と述べている。

確かに、これまでの事件の発展によって、数理計画法の世界でカーマーカー事件が再発する可能性が薄くなったのは事実である。しかし、ソフトウェア特許が禁止されているオランダと違って、ソフトウェア／アルゴリズム特許が猛威をふるう米国のロビンソン教授は、現在でもアルゴリズム特許の廃止に向けて、世界各国の研究者がそれぞれの学会の中で運動を繰り広げるよう要望し続けている。

参 考 文 献

- [1] Marsten, R. et al., "Interior Point Methods for Linear Programming: Just Call Newton, Lagrange and Fiacco-McCormick!", *Interfaces*, 20 (1990) 105—116.
- [2] 豊田正雄, 「ソフトウェアと特許権」, ダイアモンド社, 1992.
- [3] Bixby, R. E. et al., "Very Large-Scale Programming: A Case Study in Combining Interior Point and Simplex Methods", *Operations Research*, 40 (1992) 885—897.
- [4] 国際数理計画法学会, 「アルゴリズムと法律」委員会報告, 第3回RAMPシンポジウム報告集, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 1991.