

アルゴリズムと特許

——その1. カーマーカー特許——

今野 浩

1. はじめに

1980年代のはじめに、米国が知的財産権戦略を国策の根幹に据えるようになって以来、超大型の特許訴訟が続発している。ポラロイド社がコダック社をフィルムの製法の特許侵害で訴えた訴訟や、フェアチャイルド社がソニー、松下など33社を訴えた電荷結合素子（CCD）特許訴訟などは、10億ドル単位の訴訟事件として（悪）名高いものである。これに比べると、ハネウェルとミノルタの間の自動焦点カメラに関する1億ドル余りの和解金などは、やや影が薄くなってしまふから恐ろしい。

企業の存亡にかかわる、このような大型訴訟の頻発に対して、わが国のメーカーも知的財産権担当セクションの増強を図る一方、基本特許に結びつく研究の推進、徹底的なクロス・ライセンス戦略などによって対抗しようとしている。また最近では、日本のメーカーが逆に米国メーカーを特許侵害で訴えるケースも出始めている。

このような状況の中で、われわれOR関係者のきわめて身近なところで新たな大問題が持ち上がりつつある。それが本稿の主題である、ソフトウェア／アルゴリズム特許の問題である。よく知られているとおり、わが国では、1986年の法改正以来、ソフトウェアは著作権で保護されることになってきた。しかし、このところなし崩し的に、ソフトウェアに特許が付与されるケースが増えているのである。特許庁は、現状を追認するため、これまで曖昧さを批判されてきた審査基準を改定し、ソフトウェア特許の市民権を拡大する方向に踏み出した。そしてソフトウェア業界も、この流れを受けて、一斉にソフトウェア特許へと走り出している。

この問題について、わが国の工学系の学会の中にも、シンポジウムを開催したり、特集記事を組むなどするところが現われている[1]。しかしそこで述べられたもの

の大半は、「時代の流れ」を与件として、これにどのように「対応」すべきかを論じたものであり、ソフトウェア／アルゴリズム保護がいかにあるべきかを、その基本から論じたものはあまり見当たらない。法律家を相手に論争しても勝てるはずがない、と人々が考えているためであろうか。しかし、ソフトウェア／アルゴリズムの保護については、法理論上も難しい問題が多いため、法律関係者の間でも意見が割れているという事実は、技術者たちにはあまり知られていないようである。

さて、ソフトウェア先進国の米国においては、80年代はじめ以来つぎつぎと成立したソフトウェア特許が、このところ猛威をふるい始めている。そしてソフトウェア関係者の間からは、このままでは独創的なソフトウェアの作成が不可能になる、とする叫びが上がっている。いわゆる地雷特許の問題をはじめ、新規性を欠く特許、そして権利がきわめて広範囲にわたる特許が相次いで成立するなど、さまざまな問題が研究者／実務家を悩ましている。

ところがその一方で、最近になってゆきすぎた訴訟社会を糺す動きも出始めている。その代表例が、1992年に米国議会の技術評価局（OTA）が発表した報告書、「Finding a Balance」[2]である。この報告書は、広い分野の専門家を集めて行なわれた公聴会をもとにしたもので、ソフトウェア／アルゴリズムの保護はいかにあるべきかを、規範的立場から論じたものである。全体として、現在の米国のソフトウェア関連の特許行政の行き過ぎや、一貫性のなさに苦言を呈するものとなっており、ソフトウェア関係者の生の声が、報告書全体に大きな影響を及ぼしたことがうかがわれる。

そこで本稿では、最近ORの世界で発生しジャーナリズムでも大きくとりあげられた、線形計画法（カーマーカー）特許事件を振り返り、これを手がかりに、アルゴリズムと特許問題について意見を述べることにしたい。筆者はもともと数理計画法の一研究者であって、法律に関しては、全くの素人である。したがって、この文章の内容は、法律専門家諸氏から見れば穴だらけのものに違

こんの ひろし

東京工業大学 工学部人文社会群

〒152 目黒区大岡山 2-12-1

いない。しかし、農民にとって農業政策が大問題であるのと同じく、OR/ソフトウェア関係者にとって、知的財産権政策は決定的に重要な意味をもっている。その意味で、アルゴリズムやソフトウェアに最も深くかかわっている研究者/実務家が、たとえ穴だらけにせよ、率直な意見を述べることには、それなりの意味があると考える次第である。

2. カーマーカー特許

【発端】 ニューヨーク・タイムスの一面に、「A T & T ベル研究所のカーマーカー (N. Karmarkar) 博士が、線形計画法の解法として、従来のもの (単体法) より50倍から100倍速い解法を提案した」という記事が掲載されたのは、1984年夏のことであった。それから10年近い歳月を経た今日、世の中の情勢は、この記事の内容が“結果的”には正しかったことを示す方向に動いている。しかし、当時の日本の一般紙に転載されたこの記事を目にしたとき、筆者は直ちに“狼少年の物語”を連想したものである。

本誌の読者ならどなたでもご承知のとおり、当時はダンツィクの単体法が、さまざまなチャレンジを退けて、40年近くにわたって線形計画法問題の実用解法としての王座を守り続けていた。実際、筆者が数値計画法の研究を本業とするようになった70年代以降だけをとっても、スコールニク (H. Scolnik) の新解法 (1974年)、ハチアン (L. Khachian) の楕円体法 (1979年) が単体法に挑戦するものとして話題となった。しかし、前者には発表後間もなく理論的な誤りが発見されたし、後者も多項式オーダーのアルゴリズムという、理論上優れた性質をもつにもかかわらず、実用上は単体法に遠く及ばないということが、80年代のはじめには明らかにされていた。また、この一方で、70年代後半から80年代はじめにかけて、単体法の実用的な意味での優秀性を理論的に保証する研究結果……単体法が平均多項式オーダーの算法であるという結果……があいついで発表され、単体法への信頼が一層高まりを見せていた頃でもあった。したがって、突如単体法より50倍以上速い解法が現われたといわれても、とても信用する気になれなかったという次第である。

【カーマーカー事件】 カーマーカーの射影変換法の全貌は、1984年末に *Combinatorica* 誌に掲載された論文 [3] において明らかにされた。この中でカーマーカーは、自分の方法が単体法とは違って、実行可能集合の内部

をたどるもので、しかも多項式オーダーの解法であることを証明していた。しかし、カーマーカーは、実用上もそれが単体法を上まわることを主張するにあたって、それを裏づけるデータを全く公表しなかったのである。

この分野では、新しい解法と旧来の方法のパフォーマンスを比較する際には、標準的な問題セットを用いて、同一の計算環境で客観的な比較実験を行なうことが慣例となっている。この意味で、カーマーカーのやり方は、研究者としては明らかなルール違反であった。しかも彼は、1985年の夏に、約1000人の専門家を集めて開かれた国際シンポジウムの招待講演の席でも、50倍、100倍の主張を繰り返すだけで、あらゆる質問を黙殺するという怪挙に出た。このことによって、カーマーカーとA T & Tは、学問の世界にバブリシティーをもちこんだとして、厳しい批判を受けることになったのである。そして、これに追いつちをかけたのは、ベル研究所の関係者が述べたとされる、「カーマーカー法は、軍事上の機密に属するため、その詳細を公表することはできない」という発言であった。これによってカーマーカー法は、当時論議を呼んでいたSDIプロジェクトのうさん臭さとも重なる結果となってしまった。

それはともかく、これらの過程で研究者の多くは、カーマーカー法が第2のハチアン法に過ぎないのではないかと、少なくとも彼らはその主張を裏づける実験結果をもち合わせていないのではないかと、という疑念 (確信?) をもつにいたった。しかしその一方で、世界の *Center of Excellence* として知られるベル研究所が後押ししているとすると、全く根拠のない話とも考えにくいという事情もあった。

疑心暗鬼が渦巻くなか、カーマーカーの発言を確かめるため、一群の優秀な研究者がカーマーカー法の追試と、その理論的研究にとりかかった。そしてその後まもなく、アドラー (I. Adler) らのグループによるアフィン変換法、伊理、今井氏による乗法の罰金法などが発表され、研究活動は急激に加速されることとなった。カーマーカー法が、射影変換という、一般には馴染みの薄い道具を用いていたのに対して、これらの解法は“わかりやすい”標準的な道具を用いた方法であったばかりでなく、数値実験によって、大規模な問題に対しては、単体法の効率を上まわる可能性をもつことが示されたためである。

これらの方法はいずれも実行可能領域の内部をたどるもので、その総称として、“内点法”という言葉が使われるようになった。そして1986年に、ギル (P. Gill) らス

タンフォード大学のグループによって、古くから知られているフィアッコ＝マコーミックの内点罰金法と、カーマーカー法との関連が明らかにされたのをきっかけとして、方向ベクトルの向きや、ステップ・サイズにさまざまな工夫が凝らされた結果、超大型問題については内点法が有利である、とする見解が有力となったのは1988年の頃である。

【カーマーカー特許成立】内点法に関する研究成果が専門誌を埋めつくす状態の中、1988年5月に米国特許商標庁は、カーマーカーらとA T & Tから提出されていた3件の特許申請を認める決定を下した。これらの特許は、1984年に発表されたカーマーカー法（射影変換法を用いたもの）と、それ以降に開発されたアフィン変換法をカバーするもので、その内容は概略以下のようなものであった[4]。

特許申請に記載されたカーマーカー法の一般の手順。

1° 線形計画モデルの作成。

$$\begin{array}{l} \text{最小化 } c^T x \\ \text{条件 } Ax=b, v \leq x \leq u \end{array}$$

ここにAは $m \times n$ 行列、 v, u はそれぞれ変数 x 下限、上限を与える n 次元ベクトルである。

2° $v < x^0 < u, Ax^0 = b$ を満たす x^0 を選ぶ。

$k=0$ とする。

3° x^k をセットする。

4° スケーリングのための対角行列 D を用いて、 x^k をセンター化する。

5° センター化された点で、以下の式により最急降下方向 p を求める。

$$p = -D \{ I - (AD)^T (AD^2 A^T)^{-1} AD \} \times Dc$$

6° $x^{k+1} = x^k + \alpha p$ とする。

7° 収束テスト：条件

$$|c^T x^k - c^T x^{k+1}| \leq 2^{-d} c^T x$$

が成立すれば8°へ、さもなければ $k=k+1$ として3°へゆく。

8° x^k を丸めて最適解とする。

このようにカーマーカー特許は、この分野の知識のある人には、アルゴリズムの全体の構成と各部分の役割およびその内容が理解できるように記述されているが、実際のコーディングに必要な手順、たとえば、 x^0 や D や α の決め方などについては書かれていないのが特徴である。これはインプリメンテーションのレベルまでは特定化せず、アルゴリズムのレベルにとどめることによって、より広い範囲の特許を得ようという意図の表われであ

る。また申請書は、単体法との根本的な違いを強調するとともに、すでに述べたハチアンの方法との違いにも言及し、この「発明」が独創的で従来の方法にない特徴、すなわち理論的にも実用的にも優れた性質をもつものであることを主張している。

さらに、このアルゴリズムの適用分野として、電話送信網の最適利用をはじめ、工場の操業、プロダクトミックス、石油精製、コンピュータ・リソースのユーザーへの配分、航路操法、プロセスコントロール、リアルタイム制御といった例をとりあげ、このアルゴリズムを適用する手順について述べている。このように応用についてかなりのスペースを割いているのは、（次回で詳しく述べるとおり）数学的アルゴリズムが特許指定を受けるためには、それが単なる数学理論でなく、“十分に応用されたもの”ではなくてはならない、とする特許商標庁の政策に対応したものである。また、特許の適用対象を、現実的な技術や工場のシステムを最適化する場面に限定し、学術的な目的での利用はこの発明の特許の対象外であるとしているが、これは学界からの反発を和らげるためのものであろう。

1985年当時から、専門家の間に特許申請の噂は流布されていたが、この特許が成立したことは、伝統的に特許の対象外にされてきた数学そのものが、はじめて特許指定されたという意味で、専門家はもとより一般市民をも驚かすに十分であった。以下の文章は、このニュースが伝わって間もなく、筆者が雑誌「科学」の求めに応じて書いたもの[5]からの抜粋であるが、これは当時の研究者たちの“素朴”な反応を代表したものである。

……日本では、プログラムは著作権法によって保護されている。そしてこの法律ではプログラム言語、プロトコルとともにアルゴリズムは保護しないことが明確に規定されている。したがって、アメリカで成立したような特許が日本にもち込まれることは理論上はありえない。一方、アメリカでもこれまで10進16進変換法などをはじめ、いくつかのアルゴリズムに対する特許が申請されたが、そのつど特許法になじまないとして却下されてきた。ところが、80年代に入って米国が知的財産権保護を国策として打ち出すようになって以来、状況は急激に変わってきている。今回の件も、このアメリカの国策に沿ったものであることが明白であるだけに、わが国と学会に投げられた問題はきわめて大きい。“線形計画法のように、現実の経済的利益に結びつく応用数学の分野は、探してもたくさんあるわけ

ではない”とか、“今回の特許は、ソ連のディキンが20年前に発表したまま埋もれていた方法と似ているので、いずれ無効になるだろう”といった楽観論もある。しかし筆者は、ことはそう簡単ではないと憂慮している。(中略)一流の数学者ならば、自分の業績を特許に仕立てて、他人の利用を制限することなど考えもしないのがふつうだろう。ところが、線形計画法は数学の一分野であると同時に、かなり工学的色彩の強いものである。したがって工学畑出身のカーマーカーが、その世界では当たり前になっている特許申請(に同意)したとしても別に不思議ではない、という意見も一部にはある。しかし、まだ33才になったばかりのカーマーカーのディレンマは、必ずしも大きいとはいえない金銭的報酬の代わりに、学会のマジョリティを敵にまわしたことである……。

ここでこの文章に、若干の注釈を加えておこう。1988年の初頭、シベリアのエネルギー研究所に勤務するディキン(I. Dikin)博士から、この分野の世界的リーダーの一人であるコーネル大学のトッド(M. Todd)教授宛に1通の手紙が届けられた。この中でディキン博士は、特許付与されたカーマーカーらのアフィン変換法とほぼ同一のアルゴリズムを、すでに1966年に発表済みであると述べ、その証拠物件として、論文[6]のコピーを送ってきたのである。この論文を仔細に検討したトッド教授は、その後間もなくディキンの主張をほぼそのまま認める判定を下し、研究者たちにその事実を周知させるための手紙を送っている。そしてこれ以降、AT&Tの3件の特許のうち少なくとも1つは、特許取り消しとなって然るべきである、というのが研究者グループの共通の見解となったのである。

【KORBX】 さてAT&Tは、1989年になるとカーマーカー・グループが開発したソフトウェア「KORBX」の発売を開始した。これはアフィン変換法をベースにしたソフトであったが、またまた人々を驚かせたのは、1セット890万ドル(当時の円換算で11億円)という価格設定であった。ハードウェア込みとはいいいながら、ハードの価格は全体の10%強に過ぎず、応用ソフトウェアとしては史上最高の値段であった。

そしてAT&Tは250人のスタッフからなる組織を設立し、全世界を相手にセールスを開始したのであるが、デルタ航空と米国空軍がこのソフトを購入し、乗務員のスケジューリング問題や、世界の特定地域で不測の事態が発生した場合の、傷病兵士や物資の輸送にかかわる超

大型の線形計画問題を解くことに成功した、と報じられたのは、その後間もないことであった。まずデルタ航空では、世界の166の都市をカバーする航空路に配備される約400機の航空機と7000人の乗務員にかかわる大型スケジューリング問題を解くことに成功した結果、年間数百万ドルの経費節約が可能になったと報告している。また、同じころ米国空軍では、上に述べた問題と関連して、従来のソフトでは解けなかった7万制約式50万変数の問題が解けるようになった結果、空軍の作戦立案能力が飛躍的に改善されたと報告している[7]。このようにKORBXは、100万変数を越える超大型問題を現実解くことができることをはじめて示したという意味で、画期的なものであった。

この一方でAT&Tは、内点法の改良にかかわる追加特許をつぎつぎと申請し、内点法を用いたソフトウェアの開発はすべてAT&T特許に抵触する、というムードづくりを推し進めた。このような行動に出たのは、1970年代末の独禁法強化措置によって、AT&Tがいくつかの組織に分割され、ベル研究所も独立採算の組織として再編成されたことと深く関係している。米国のような知的作業を重視する国においても、民間の研究所がコンスタントに収益を上げてゆくのは、決して容易なことではない。このため、AT&Tベル研究所は、自らの収益を確保すべく、このような行動に出たのではないだろうか。

【日本経済新聞アンケート】 このような状況の中、1989年2月、日本経済新聞社が学会会議の協力を得て、全国の理・工・農・医学系の研究機関の指導的立場にある人々に対して行なった「先端技術アンケート」の調査結果が発表された。これによると、「(カーマーカー特許に見られるような)科学研究の知的産物の保護をどう思うか」という設問に対する247人の回答のうち、反対が124人、基本的に賛成が64人、そしてケース・バイ・ケースで賛成と答えた者59人となっていた。反対意見の大半は、「権利保護は学問の発展を阻害する」、「正しさが立証されていない新説や発見を対象にしていたら特許制度が混乱する」、「米国にとってのみ都合のよい提案」といった内容であった。一方賛成派の多くは、「科学と技術の境界のはっきりしなくなってきた以上当然の成り行き」とするものが中心であった。これに対して、ケース・バイ・ケースとする回答者の多くは、「応用開発に直結すること」、「産業上の有用性がはっきりしていること」を条件としていた。確かに、すでに特許制度と共存している分野の研究者にとっては、数学が特許になってもあまり違和感

はなかったかもしれない。しかし、それまで特許とは無縁であったORの分野に身をおく筆者にとっては、条件付きを含めて、賛成する者が反対する者とはほぼ同数（1票差！）を数えたことは大きな衝撃であった。

【RAMPシンポジウム】 事態を重視したわれわれ数理計画法関係者は、日本OR学会に組織された数理計画法研究会が主催するシンポジウムの機会をとらえて、1989年11月にパネル・ディスカッション：「知的所有権問題を考える……カーマーカー特許を中心に」を開催した。このパネルは、AT&Tベル研究所の伊倉義郎氏、弁護士佐野稔氏、埼玉大学の刀根薫教授、日本経済新聞社の山際和久氏、倅数理システム社長の山下浩氏の5名で構成され、筆者が司会をつとめた。

まず伊倉氏は、カーマーカー法のような画期的なアルゴリズムが特許となるのは全く当然である、とするAT&Tの立場を主張し、この特許が学問の発展を阻害するという意見に対しては、アカデミック・ユースが制限されてないことからして全く問題はない、とする意見表明を行なった。伊倉氏が当時、KORBXの販売組織の中核にあったことからして、この発言は当然予想されたものであった。

次に知的財産権問題に精通した弁護士の佐野氏は、おかしなことは山ほどあるが、世界の流れはアメリカの知的財産権戦略どおりに動いていること、またその戦略決定にあたっては、IBMやAT&T等の大企業が大きな影響をもつことから見て、特許決定は時代の流れである点を説明された。

一方刀根氏は、カーマーカー法をはじめとする内点法の研究者として、カーマーカー法の基本となるアイデアは画期的なものであり、これが特許になったことは必ずしも不当とはいえないとしながらも、この特許ベクトルの射影法といった公知の事柄をもカバーしているのはおかしい、とする意見を表明された。

また、ジャーナリズムの世界にあって知的財産権問題を追いつづけてきた山際氏は、カーマーカー特許、CIM特許などは百害あって一利なく、特にその特許範囲の曖昧さと、公知の技術の特許指定したことは全く許し難いことであると、AT&Tを糾弾する発言を行なった。

最後にソフトウェア会社の経営者と、内点法の研究者という2つの顔をもつ山下氏は、ソフトウェアに含まれるアイデアすなわち“アルゴリズム”の中には、特許によって保護されて然るべきものがあるとする一方で、指定範囲があまりにも広いカーマーカー特許には納得で

きない部分が多い、という意見を表明した。

これら5氏の見解は、当時のほぼすべての立場をカバーするものであったが、2時間半にわたるディスカッションの中で、問題の容易ならざる難しさが浮彫りにされる結果となった。特にフロアの（数理計画法の）研究者の中から、AT&Tの上をゆくカーマーカー特許支持の意見が飛び出すにいたって、筆者の事前の予想は完全に裏切られることになったのである。

筆者は、このパネル・ディスカッションに先立ち、世界各国の40人の研究者仲間に対してアンケート調査を行ない、約半数から解答を得たが、その大半は山際、刀根両氏の見解に近いものであった。このため筆者は、ORやソフトウェア関係者たちの認識は、前記の日経新聞アンケート結果とはかなりの隔たりがあるとの確信を深め、これらの意見とパネル・ディスカッションの結果を集約して、OR学会数理計画法研究会としての提言をまとめる計画を立てていた。しかし、上で述べたような事情で統一見解のとりまとめは難しいものと判断し、残念ながらこれを先送りせざるを得なかったのである。

参考文献

- [1] “特集 知的財産権と技術管理”，経営システム，第3巻1号，日本経営工学会，1993.
- [2] Office of Technology Assessment, *Finding a Balance*, Superintendent of Documents, U. S. Congress, 1992.
- [3] Karmarkar, N., “A New Polynomial-Time Algorithm for Linear Programming”, *Combinatorica*, 4 (1984) 373–395.
- [4] 刀根 薫，“線形計画法と Karmarkar 特許”，第1回 RAMP シンポジウム報告集，27–37，日本オペレーションズ・リサーチ学会，1989.
- [5] 今野 浩，“カーマーカー特許について”，科学，58 (1988)，746–747.
- [6] Dikin, I., “Iterative Solution of Problems of Linear and Quadratic Programming”, (in Russian), *Akademia Nauk USSR*, 174 (1967) 747–748.
- [7] Hughs, G. C., “Karmarkar’s Algorithm Finds a Home at MAC”, *OR/MS Today*, 22–23. ORSA, June, 1989.