

これからのOR

近藤 次郎

1. ORの半世紀

オペレーションズ・リサーチは、作戦研究と訳される場合がある。たとえば、湾岸戦争はサウジアラビアの砂漠の上で陸上戦が行なわれるので、これをデザートストーム・オペレーション（砂漠の嵐作戦）と称している。

第二次世界大戦のあと、この大戦中に使われたいろいろの手法をまとめて、P・M・モースと、G・E・キンボールが「オペレーションズ・リサーチの方法」を著したのは、1951年のことである。この書物の中には、戦争における現象を評価し、その中にある法則を数式で表わす数学モデルを作り、それに対する解析を行なって、最適の作戦行動を決定するなど、現在広く使われているさまざまな手法の基礎が書かれている。

この本が日本に伝わって、少数の人が集まって、東京駅八重洲口にあった、財団法人日本科学技術連盟で輪講を行なったのは、1952年のことである。戦争という人間の理性を失なったような行動が、きわめて単純な法則にしたがい、自然科学的な考え方で解析・評価ができたことに、大きな感動をおぼえたものである。

しかしながら、じつはオペレーションズ・リサーチはイギリスで開発されたレーダーの応用から始まったものといわれている。1935年2月26日、R・A・ワトソンワット卿（1892～1973）は、初めて飛行機の位置を探知する装置、ラジオロケーター（今日のレーダー）を発明した。これは、もちろん兵器としては偶然のことで、彼は電波の反射を測定していたのである。この機械は、音も形も見えないうちに、高高度の敵機の位置を発見するという、誠に画期的な兵器であった。

しかしながら、実践に用いるようにするためには、技術上の研究（テクニカルリサーチ）が必要であったが、実際にこれを実践に用いて、レーダー上の敵影を確認してから、いかにして、防空戦闘機を発進するかという運用上の研究（オペレショナルリサーチ）が必要になっ

た。

これを担当したのがM・P・M・S・ブラケット卿（1897～1974）であった。このブラケット委員会は、新兵器レーダーの実戦上の応用方法をいろいろ研究したのであるが、その後は、実際に第二次世界大戦が始まって、ドイツ・ナチス空軍のイギリス本土空襲が始まったさいに非常に役に立った。そこでブラケット委員会は、その後も解散せず、そのまま戦争中に各種の研究を行なった。線形計画法などもその過程で見い出されたものといわれている。

米英両国は、戦争中は同盟国として密接な情報交換を行なって、そこでマンハッタン計画や、レーダーの情報が相互に伝わったのであるが、オペレショナルリサーチも米国に伝わり、このような組織の必要性が認識されて、戦場における軍事行動のほかに、科学者を動員して冷静な分析を行なうことが米国でも実施された。

1940年の夏、NDRC・国土防衛研究委員会が設立され、ハーバード大学の総長であったJ・B・コナント（1893～1978）がその委員長に就任した。その後1941年にOSRD・科学研究開発局の下に編入され、その中の応用数学パネルがORを担当した。P・M・モースがORグループに参加したのは、海軍の要請で1942年のことである。ここでは待合せの理論などが生まれた。

2. 湾岸戦争

1990年8月2日、イラクのフセイン大統領は、隣国のクウェートに侵攻して、この国を占領し、イラク領として宣言した。アメリカをはじめとする連合国側はこれにすばやく対応し、国連を中心として国際的な外交が行なわれた。国連の安保理事会はイラクに対して即時無条件撤退を要求し、経済封鎖を行なった。半年ほどこの緊張が続いたが、1991年1月17日未明、ついに多国籍軍の空軍による湾岸戦争が始まった。レーダーに映りにくい隠密攻撃機（ステルス）F117、戦闘爆撃機F15、F16、戦略爆撃機B52などによって、最初の1週間には1万機、2週間で3万機、1カ月の間に延べ6万機にもおよぶ空

襲を行なった。イラク空軍は、ソ連製のミグ29、フランス製のミラージュF1などを含む約700機を保有しているが、その大部分は地下壕に温存し、またイランに逃亡していると伝えられている。

この戦闘機や爆撃機は、第二次世界大戦と比べると、いちじるしく様相を異にして、性能等において大きな改良が行なわれていて、すべて超音速で行動している。

第二次世界大戦のときは亜音速、すなわち時速500キロ程度であったが、現在の戦闘では時速1,000キロを超えるスピードである。しかも、電子兵器が広く用いられており、白い十字印が目標をとらえ、戦闘爆撃機から発射されたレーザー誘導爆弾が、目標に吸い込まれるように命中する様子が、操縦席のモニター画面からそのままテレビで放映される。また夜空を横切って、イラクのスカッド・ミサイルが飛び、多国籍軍の地对空ミサイル・パトリオットがこれを迎撃する。両国の花火を見ているような光景が、茶の間のテレビになまなましく映し出される。

一方イラク側は、米国で新しく開発された長距離ミサイル・トマホークが低空で飛んでいる様子が映し出される。これは弾頭にコンピュータを搭載し、あらかじめ記憶された目標に命中するようにプログラムされた巡航ミサイルである。

この湾岸戦争では、このように第二次世界大戦以降、40年間にいちじるしく進歩したハイテク、特にコンピュータやレーザーの技術が広く利用されている。

第二次世界大戦と比べてみると、戦闘が細部にいたるまでテレビジョンに映って、公開され、世界中の人が見ている前で行なわれているということがいちじるしい違いである。

しかし、その後、これらの茶の間で見ている影像が、それぞれの軍の検閲を経たものであって、作られたものでないにしても、必ずしもその現実の姿のすべてを映しているものではないことがわかった。そこで冷静に情報を判断することが必要になってくる。

2月17日に地上戦が始まった湾岸戦争の場合は100時間の戦闘でサダム・フセインの軍隊がクウェートから完全に追い出されてしまった。この間に多国籍軍側の被害は150人にも達しなかった。この戦闘の場合には前述の交換比があまりに大きく、イラクの兵力は指数関数的に減少していった。

この場合も戦場はクウェート内だけに限られ、チグリス河を渡って退却した兵力、投降した兵力は戦傷者として

もに戦闘力を失ったものと判定するのである。

現在、このような分析は、軍としては相当進んでいるものと考えられるが、世論操作、あるいは宣伝効果という点では、さらに巧妙な作戦がとられているのかもしれない。

3. 新しいOR

これからのオペレーションズ・リサーチはどうなるであろうか。この湾岸戦争が済んで平和がきたとき、ちょうど第二次世界大戦が済んだときのように、今度の戦争に使われた新しい手法が発表されて、再び人々を驚かすようになるかどうかは、いまのところ予測はできない。しかし、基本的には、それほど多岐にわたる手法が現われるとは思われない。もしそのようなものがあつたら、それはおそらく別の意味、ORとは呼ばれない新しい学問体系になるのかもしれない。

以下に将来を予想して、2、3の項目を挙げてみよう。

(1) コンピュータの利用

世界最初の電子計算機は、1946年ペンシルバニア大学でエニャックが完成した。しかし、その後1947年12月16日にW・B・ショックレー(1910~1989)、J・バーディーン、W・H・ブレッデン等によってトランジスターが開発され、その後半導体集積回路が利用されて、コンピュータはその性能がこの50年間にいちじるしく改良された。半世紀前にでき上がったエニャックは、もはや名刺大の大きさにまで小さくすることが可能になった。

現在の大型コンピュータはスーパーコンピュータと呼ばれ、1秒間に数百億回の計算を行なうことができるころまで発達した。この計算機を用いれば、およそ数式として表現されたものは、何でも計算することができるといっても過言ではない。

これまでは、たとえば線形計画法について複雑な計算を要する場合、カーマーカー法などの計算時間を短縮することに各種の工夫がなされたが、現在はむしろ計算スピードが格段に早くなったので、計算方法を改良してコンピュータ時間を短縮することには、それほど努力がされず、その効果もあまり評価されなくなっている。

実際の現象の基礎法則、根本法則を探求し、これを数式で表現して問題を解くという形のものよりも、むしろ現象をコンピュータの上で再現して、最適の方法を探求するシミュレーションおよびゲーミングが広く使われるようになった。これらの方法は一口にいって、コンピュータソフト、もしくは情報処理といえるものである。

またいろいろな方策を選択するのは、評価を数式化、数量化し、各種の方策を変数で表わして、関数として表現し、最適解を求める最適化法として定式されている。目的関数や制約条件が非線形の場合には、従来は最適化法の問題が一般に難しく、数学的に解けない場合があったが、現在のコンピュータの能力をもってすれば、このような問題の処理も行なえるようになった。この傾向は今後も拡大していくものと思われる。

しかしながら、基本的にそれらはすべて、従来の問題を複雑化したにすぎず、それがコンピュータの性能の向上に伴って解けるというだけのことであって、むしろ今後のORは本質的に新しい問題を探索する方向に向かうべきものであると考えている。

このさい、多くの条件を考慮することが可能であるから、たとえば、わが国の今後のエネルギー政策は、どのような方向に進むべきか、もしくは湾岸戦争後の国際貢献がいかにあるべきかなどという、きわめて複雑な問題を計算することができるものとする。

(2) 数学モデル

現象の本質を方程式の形に表現したり、あるいはその条件を数式にするということは、ORの出発の基本であるが、それらは先駆者たちの努力によるものであって、数学モデルの作り方、あるいは立て方についての一般的な原則は、あまり十分に研究されていないように思われる。数学モデルの作り方が、今後のORの理論として研究される必要がある。

この場合に、いやしくも数学、特に解析学を利用するためには、現象に関係のある諸量が数量化できることが必要であり、またこれらの諸量の間関係が明らかになっていて、数式化できることが条件である。しかるに、数量化が不能、もしくは不十分であるような場合がある。たとえば、国の経済的活動を示す指標としてGNP(国民総生産)が考えられるが、GNPだけでは経済状態のすべてを表現することができない。そのために、たとえばテクノロジー・エンパイロメント・マトリックス(TEM, 技術環境行列)のような行列で表現する、新しい指標も考慮されなければならない。この行列には、GNPのほか、環境の程度を表わす数量や、国民の生活水準、あるいは健康状態などを示す数量が使われて、それらが行列の形に整理される。

一般にいて、1個の数字を用いるよりも、多数の数字を用いたほうが、いろいろな内容を表現することができるのは当然であるから、GNPよりはマトリックス

(行列)のほうが多くの事情を表現するのに都合が良いのは決まっているが、しかし、レオンチェフの産出・投入分析のような考え方が、ここに活用されこの行列が使われて演算結果が意味を持たなければならない。

次に、数式化が不能な場合でも、価値判断が確定している場合には、メリット・デメリット分析のような方法が使われるであろう。また、現在のように価値の多様化が叫ばれる時代には、メリット・デメリット分析が各種の価値について、また各種の階層について行なわれる。これが層別メリット・デメリット表分析である。このような簡単な方法でも意思決定には役に立つものである。

(3) LCS (Less Conflicting Solution)

最適化というのは、損失を最少にする、または利益を最大にするという問題に帰するのであるが、そのような考え方で問題の解決が得られない場合も少なくない。それはたとえば、落語の三方一両損のような考え方であって、たとえば湾岸戦争について、イランはクウェートから無条件撤退をする。多国籍軍は地上戦を中止して、サウジアラビアから撤退し、またペルシャ湾から戦艦を引き揚げる。日本を含むその他の国は、戦後の復旧、特に環境の改善費用を負担するというように、この戦争の痛みを各国が公平に分担するような考え方がLCS、すなわち、レス・コンフリクティング・ソリューションである。

これはできるだけ摩擦を少なくして問題を解決するように、当事者間で痛みを分かち合う方法を見出すことであって、先進国と途上国との間の紛争問題、特に南北問題のような問題解決の1つの方法と考えることができるであろう。しかし、この方法は今からでは間に合わない。

(4) 予測

予測は従来もよく研究されているが、たとえば湾岸戦争、もしくはソ連の国内問題を誰が予測し得たであろうか。ベレストロイカ、東西ヨーロッパの冷戦終結、ベルリンの壁の崩壊、そして新しい国際秩序に向かう現在の世界情勢の流れから、湾岸戦争やソ連の国内紛争について事前に予測ができれば対応も大きく異なり戦闘は起こらなかったかも知れない。そして、21世紀の世界を予測することがいかに困難なことか。

過去の済んでしまった出来事については、多くの評論家が議論をする。しかしながら、大切なことは、将来起こることを予測して、それに対して事前に十分な対策を立て、破局を回避することである。

その他にも、たとえば地球温室効果ガスが大気中に蓄積するために、地球が温暖化するという難しい問題がある。しかしながら、このような問題には不確実性が伴っていて、いままでのところ、まだ正確な予測を立てるまでに立ちいたっていない。オペレーションズ・リサーチの将来は、コンピュータの利用、そのソフトウェアの形とともに、この種の不確実性を少なくするための理論が立てられなければならない。

そのためには、新しい数学理論が必要となろう。しかしいまのところでは、それは必ずしも難しい数式を取り扱うのではなくて、たとえば、PDPCのような半経験的な方法も、利用できるものと思われる。

最後の図は1991年1月15日、まだ多国籍軍の攻撃が開始されていない時期にペルシャ湾の緊張の行方を予測するために作製したPDPCである。箱印は多国籍軍側、旗印はサダム・フセイン側である。

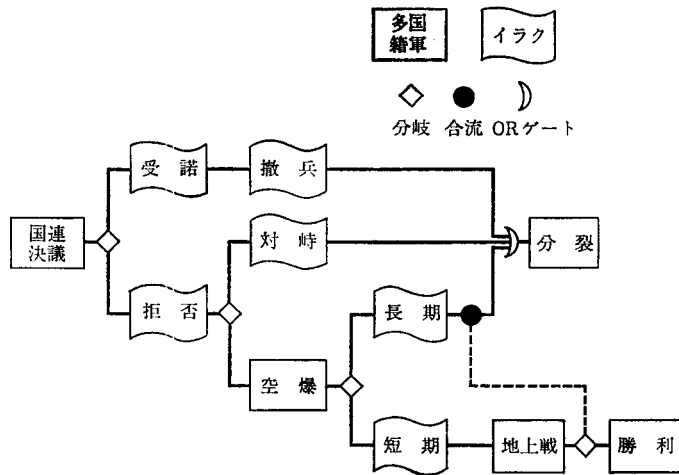


図1 湾岸戦争PDPC 1991.1.16

戦況はその後刻々と変化して1月17日に空爆開始、フセインは国連の要求に応ぜずついに2月24日に地上戦がはじまったが、100時間後(空襲開始後43日目)に多国籍軍は全クウェートを制圧した、これはフセイン側にとって最悪のシナリオであるのが明らかである。

学会出版物の著作権について

日本OR学会が刊行する雑誌等の出版物の著作権を保護するために、当学会では、工学系諸学協会の連合体である日本工学会を通して他学協会の動向を調査し、この問題の適切な処理を検討してまいりました。その結果、日本工学会、日本歯科医学会、日本農学会、日本薬学会(日本医学会は交渉中)の4学会団体が協力して学協会著作権協議会を設立し、検討を重ね、1990年12月20日に学協会出版物の著作権保護の事務処理機構として「著作権集中処理システム」を発足させました。同機構は、会員団体加盟学協会および関連学協会から著作権(当面は複写権)の委託を受け、一方で、学協会出版物の利用者と利用契約を結び、著作権使用料を徴収し、これを学協会に分配するための機構です。

当学会を含め、同機構に複写権の委託を終えた学協会はすでに84に達し、現在、同機構は経団連内に設けられた複写問題等検討グループや国立大学図書館協議会等の利用者団体と話し合いを進めています。同機構の運営が軌道に乗りますと、学協会出版物の複写量に応じて著作権使用料が同機構を通して各学会に還元されます。

なお、当学会の著作権規定により、学会編集著作物の場合、著作権が学会に帰属しますので、同使用料は学会収入に計上する予定です。