

公共部門計画問題への 多目的数理計画手法の適用と問題点

中村 正久

1. はじめに

公共部門の計画問題(public sector planning problems)は、特定の制約条件下で社会の不定多数の欲求を最大限に満たすことを目的とする。相対立する価値観にもとづくさまざまな要求をできる限り満足させようとするため、公共計画は本来的に多目的でなければならない。また、それゆえ公共計画の意思決定は市場経済学でいう最大化、または最適化の意思決定より、むしろ統合的、調和的意思決定に重点がおかれ、費用最小などの最適化はストレートに意思決定にむすびつかない[1]。こういった背景のもとで、公共部門計画問題への多目的数理計画手法の適用に対する関心が、1970年代半ばになって急速に高まった。そしてここ10年ほどの間に、大規模公共施設配置、水資源配分、運輸通信などの複雑な公共計画問題を中心に、手法の活用および開発の試みが数多くなされてきた。一方、多目的計画手法の基本概念や公共計画問題の複雑な意思決定プロセスの中での位置づけに対する問題提起もなされてきた。これらの問題提起は、多目的数理計画への過度の期待は社会的意思決定プロセスの非数理計画的部分を切捨てる傾向を強めるという立場の表明と、パレート最適性を前提にする現在の多目的数理計画手法体系に対する批判または指摘の2つに大きく分類することができる。前者は数理計画手法一般についての問題提起であり、特に多目的数理計画に限るものではない。後者についてはさらに、(1)多目的数理計画アプローチに対する基本的な疑問、(2)手法応用上の困難さと解析結果の解釈上の問題、に分類することができる。以下にその概略を紹介する。

2. 公共部門計画問題の数理定式化と 多目的数理計画手法への展開

公共部門の数理計画問題の定式化について、学校や病

院などの公共施設の設置計画を工場や倉庫などの企業の立地計画と比較しながら論じることがある。水資源・環境分野ではたとえば廃棄物処理施設の配置と搬送経路のネットワーク最適化問題に関連して、私部門問題の定式化は基本的に「施設建設費用と施設間の距離費用の総和を最小にする」ことであるのに反し、公共部門のそれは「建設する施設の数、施設建設の投資額など社会用効用を代用するパラメーターを目的関数から外し、制約条件のなかに導入する」ことである、として1970年にRevelleら[2]は数種類の定式を整理して提示した。この種の問題は、特定の制約条件を漸変させることにより例えば費用と代用社会効用とのトレードオフを提示することができるため必然的に多目的数理計画に展開することになった[3]。また線形ネットワーク問題は線形計画問題の特殊なケースであり、一般解法より効率的な解法の応用が可能なることもあって、時を同じくして進められてきた多目的線形計画手法の研究と関連をもちつつ展開してきた[たとえば4]。

一方、数理計画手法の応用が比較的盛んな水資源計画分野における多目的数理計画手法のレビューは、Cohon and Marks [5]によって1975年に初めて系統的に行なわれた。このレビューでは、代替案発生法の類(Generating techniques)、あらかじめ選好を明らかにする方法の類(Prior articulation of preferences)、漸次選好を明らかにしていく方法の類(Progressive articulation of preferences)、の3つに大きく分類し、さらにそれらを小分類したうえで次の3つの基準をもってそれぞれの優劣を論じている。すなわち、多目的数理計画は、

- 解析(計算)可能でかつそれが比較的効率的で、
- 目的相互のトレードオフをはっきりと定量化でき、
- 意思決定に必要な十分な情報の提供が可能である、

ことが必要であるとしている。このうち、特にbについて彼らは、「計画プロセスで明示的にトレードオフを示す

なかむら まさひさ 滋賀県琵琶湖研究所

〒520 大津市打出浜1-10

ことにより、公共の利益に反する政策決定が避けられる」とし、その重要性を強調している。その後この分野での研究は大きな盛り上がりを見せた。たとえば Haims らによる代用評価関数法の研究〔6 など〕は多様な展開をみせ、水資源計画への多目的数理計画手法の応用にさまざまな議論をよんだ。

3. 公共計画に対する数理計画手法 適用上の問題

ところが実際の公共施設配置計画においては、公共が享受する便益の見積りが困難であること、定式化が難しい多数の目的と制約条件が互いに複雑に関連していること、などの理由で数理計画的アプローチは意思決定に十分有用な情報を提供しえない（上記 b が困難）というケースが多い。たとえば、同じ施設配置問題でも下水処理施設の場合には、下水道技術、土地収用、放流先の水質、運転管理体制、管渠整備順位、費用負担方式、などさまざまな条件が配置問題と密接な関連をもつため、簡明な定式(a)は現実性を欠き(cが困難)、現実性をもたせよう(c)とすれば定式化自体が格好な数学的興味の対象となる反面、いちじるしく難解かつ複雑な定式(aが困難)となり、トレードオフ情報が錯綜する(bが困難)ことが多い。定式化が複雑化する傾向は公共計画問題に多目的数理計画手法の適用を試みるが多くなるとともに強まってきたといえる。

数理計画研究者自身もこういった批判を承知しており〔たとえば7〕その克服をめざして研究しているのだが、その一方で社会政策分析の分野に数理計画的思考を持ち込むこと自体に警告を発したものもある。その中でも Rittel and Webber〔8〕の「一般計画理論のジレンマ」はこういった論議の場でよく引用される。彼らは社会(公共)計画の分析担当者が本来「たちの悪い(wicked)」社会システム機能の科学的論理性に過度の期待を寄せることは問題だとして以下の指摘をしている。すなわち、たちの悪い問題は、

1. 答え(solution)を持たない。一時的解決(resolution)があるのみだ。
2. 決定的な定式化をすることができない。(答えが出てはじめて問題が判明する、また問題がはっきりすれば答えは出たも同様だ)
3. 終わりががない。(問題を完全に理解することは困難である)
4. 解に正誤はなく良悪があるのみだ。
5. 解をよしと即断する、または究極的によしと決定

する方法をもたない。

6. その解決方法を試行錯誤することができない。
7. 本質的にユニークであり、解の移転がきかない。
8. 新たなたちの悪い問題の前兆である。
9. いろいろな原因が重なって形成される。したがって問題解決の方法は何を原因と評価するかによってまったく異なる。
10. 計画決定者に過ちをおかす権利を与えない。

こういった指摘が、多目的数理計画手法の研究に積極的の意味をもち得るか否かについては議論の分れるところであろう。しかし、折々引き合いに出されるこの論文は、公共計画における数理計画の役割を考えるうえで貴重な貢献である〔9〕とされている。またわが国では、上記と必ずしも立場を一にしていないが、末石〔10〕が環境制御の多目的最適化の問題を指摘して、「多目的最適化は、計量不能因子をも経済効率などと並列させるために、環境制御の便益が外部(他の専門分野)から所与と仮定して関数の最大化をはかるなど、切捨て傾向がむしろ顕著になりつつある」ことに警鐘を鳴らしている。

4. 多目的数理計画手法応用の問題点

他方、数理計画そのものの活用は公共部門の計画問題に対して有用であるが、現在まで開発されてきた多目的数理計画手法はその基本概念と手法の適用プロセスのいずれにもさまざまな問題点があるという指摘もある。以下はその主張の代表的な例である。

(1) パレート最適性に対する問題提起

現在まで開発されてきた多目的計画手法は論理的パレート最適性にこだわっているため、計画プロセスの代替案発掘をいちじるしく阻害しているという立場で問題点を指摘しているのが Brill などであり、筆者も一時その論議に参画したことがある。以下、Brill の論文〔11〕を引用しその概略を述べる。

a. 不完全多目的問題の場合

実際の公共計画問題を多目的数理計画問題として完全に記述することは不可能である。すなわち、分析者が重要とする少数の目的に限り数理的な記述を行なうことになる。この場合、解析結果として得られた多目的計画問題のパレート解集合は、記述に含まれなかった目的をも考慮した仮想数理計画問題のパレート最適解集合の部分集合であり、後者のパレート最適解の大部分は前者のパレート最適領域外に存在する。(図1: 目的関数1 のみの場合は点Aが最適解。目的関数1 および2 を考慮すれば点Bがパレート最適解の中から選好される。点B'目

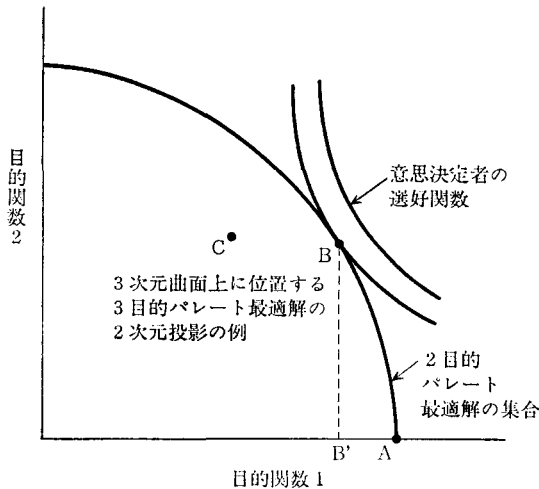


図 1 多目的パレート最適解の2次元平面への投影の例

的関数1のみの場合の非最適解である。また新たに目的関数3を導入することにより、2目的における非最適解、たとえば点Cが選好されることになる。) 便益計量の困難さ、予測の不確実性など、パレート最適解集合の定義にかかわる問題、意思決定プロセスにおける学習効果の影響など選好無差別曲線の定義にかかわる問題の両方の影響で、公共部門の計画問題を多目的数理計画問題に還元してパレート最適解集合を求め、その中から意思決定者の選好差別関数を用いて解を定めるといったプロセスは、非常に限られた場合のみ有効である。

b. 完全多目的問題におけるパレート最適解集合からの誤った選好

一方、完全多目的計画問題の場合にはどうであろう。計画の目的が多目的数理計画としてすべて完全に記述可能であるのだから、パレート最適集合は求まることとなる。しかし、この場合でも、選好無差別関数が複数の凹曲面を有する場合、パレート最適集合からの選択が必ずしも正しく行なわれるとは限らない。(図2: A点が選好されるべきであるにもかかわらず、誤ってB点が選好される) これは選好関数を想定するすべての多目的数理計画手法の基本的な問題点であり、特に実際の公共計画問題では、意思決定者の選好関数は一般に集団の意向を代表して形成された複雑な形状をとるであろうこと、また意思決定者の選好関数は情報量や政治的判断の影響を受け、時間とともに変化することなどがこの指摘の根拠となっている。こういった指摘の背景には、意思決定者の無差別選好関数を逐次求めつつパレート最適領域を採

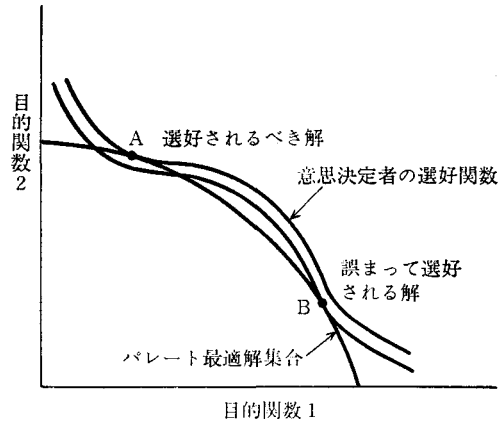


図 2 選好関数の形状と擬似パレート最適解の選好

索する代用評価関数法[6など]を公共部門の計画問題に適用することに対する強い懐疑が底流にある。Brillらは以上の指摘をもとにパレート最適性を離れ、劣位解集合の長所を詳細かつ効率的に検討できる数理計画の研究[12など]が重要であると指摘してきた。

(2) 手法適用上の問題点

a. 目的設定上の問題点

多目的数理計画の手法開発研究や応用事例研究の多くは、現在まで目的関数はすでに与件として解析方法を論ずるか、関数の作成手順を論じることに重点をおくことが多かった。ところが、実際に多目的数理計画手法を公共部門の計画問題に適用しようとするとき、目的関数の設定は至難である。たとえば、アメリカ連邦水資源諮問委員会の「原則と基準(Principles and Standards)」報告書は、計画の多目的性の分析を核心にすることをうたっており、したがってこの分野の数理計画応用事例研究は盛んである。報告書は水資源計画の評価項目として、(1)国レベルの経済開発便益、(2)環境の質、(3)地域開発便益、(4)社会福祉、を掲げている[13など]。しかし、たとえば社会福祉は、いわば目標(goals)であり、そのままでは数理計画でいう目的(objectives)にはならない。経済開発、環境保全のように競合する目的の指摘として何が適当なのかについては議論の分れるところである。さらに、目的は階層構造をなし、1つの目的を達成するためには、いくつかの下位の目的を達成することが必要である。たとえば、目的の1つが河川の水質改善であるとき、それがたとえば下水道普及率の向上と工場用

水の再利用率の2つに分れる場合などである。すなわち、計画手法適用上の価値 (operational usefulness) と意思決定者にとって有効な情報を提供できるか否か (meaningfulness to decision-makers) が目的設定のさいに非常に重要となる[14など]。実際、公共部門計画問題の目的の設定と計測は、一般に非常に困難で慎重な分析を必要とし[たとえば15]、しかも十分満足 of いく目的設定ができない場合が多い。

b. 意思決定プロセス上の問題点

現在では、数理計画手法適用の限界を認識した上で、手法の有用性を最大限に引き出そうとするのが多目的数理計画の研究者の一般的な立場に変わりつつある[たとえば16など]。前述のアメリカ水資源諮問委員会の「原則と基準」報告書およびその改訂版「原則と指針(Principles and Guidelines)」は、費用、便益、不確実性とリスクを同時に考慮する多目的計画 (Multiobjective Planning) の枠組みを制度化する試みと考えることもでき、その中で多目的数理計画研究の成果をその問題点をも含めて積極的に評価しようとするものである。この立場をとるさいに問題となるのは、公共計画の意思決定プロセスのなかで数理計画がどのような役割を果たすべきか、あるいは意思決定プロセスのなかで積極的な役割を果たすために、手法の誤用の問題[たとえば17など]、結果の解釈の問題などをいかに克服すべきか、ということである。後者については、たとえば瀬尾[18]は多目的数理計画手法の応用事例研究をもとに、

- a. 手法は政策的意思決定者、評価者、分析家の各グループ、およびその相互関係のなかで意思決定支援の道具としての役割を担い得る。
- b. 手法の実践的な応用に不可欠である齊合的なデータ・ベースの作成と蓄積、およびそれら間の交流が十分でない。
- c. 多目的意思決定分析には、人間の省察に基盤をおいた価値体系などに関する思索の発展がのぞまれる。

としている。

また一方、公共の意思決定プロセスは、社会的、文化的背景に深くかかわっており、今後わが国において上記の指摘に添った形で多目的意思決定の位置づけがなされ、独自の多目的数理計画の研究が進展することが望まれている[19]。

5. おわりに

一般に統合的、調和的考察を要する公共計画問題に対

し、単一目的数理計画手法をストレートに適用することは困難であるという認識が浸透したのは1970年代前半であり、時を同じくして台頭してきた多目的数理計画手法に対し、注目と期待が寄せられるようになった。しかし、この手法の出現とその後の展開によって、現実の公共問題の分析が合理的に行なわれるようになったとは必ずしも評価されていない。その背景は多岐にわたるが、ここでは水資源・環境分野の文献をもとにその一端を紹介した。一方、多目的分析手法をめぐる論議を通して、公共計画策定プロセスにおける数理計画手法の役割についての考察に、いちじるしく深みが増してきたこともまた事実である。社会的意思決定の心理学的研究、計画の多次元性の分析、コンピュータ画像処理技術の発展による対話型の意思決定支援システムの研究、などはいずれも本題と接点をもつものであり、今後多目的数理計画手法の研究と深い関わりをもつであろうことは論をまたない。

参考文献

- [1] 宮川公男著：「意思決定論」第9章，経営学全書 21，丸善株式会社，1975，227-234
- [2] Revelle, C., D. Marks and J. C. Liebman : An Analysis of Private and Public Sector Location Models, *Management Science*, Vol. 16, No. 11, 1970, 692-707
- [3] Church, R. and J. Cohon : Multiobjective Location Analysis of Regional Energy Facility Siting Problems, 90pp. No. BNL 50567, Policy Analysis Division, Brookhaven National Laboratory., Upton, N. Y., U. S. A., 1976
- [4] Nakamura, M. and J. M. Riley, : A Multiobjective Branch-and-Bound Method for Single-Commodity Network Flow Problems, paper presented at the Joint Meeting of ORSA/TIMS at Milwaukee, Wisconsin, October 1979
- [5] Cohon, J. L. : *Multiobjective Programming and Planning, Mathematics in Science and Engineering*, Vol. 10, Academic Press, 1978
- [6] Haims, Y. Y. and Hall, W. W. : Multiobjectives in Water Resources Systems : The Surrogate Worth Trade-Off Method, *Water Resources Research*, Vol. 10, No. 4, 1979, 615-624
- [7] Haims, Y. Y. : The Use of Models for Wa-

- ter Resources Management, Planning, and Policy, Water Resources Research, Vol.20, No.7, 1984, 793-802
- [8] Rittel, H. W., Webber, M. H.: Dilemmas in a General Theory of Planning, Policy Sciences No.4, 1973, 155-169
- [9] Liebman, J. C.: Some Simple-Minded Observations on the Role of Optimization In Public Systems Decision-Making, paper presented at the National ORSA-TIMS Meeting, Las Vegas, Nevada, November 1975
- [10] 末石富太郎編著:「新体系土木工学:87環境保全(II)-環境の制御・管理」, 技報堂出版, 1980, 27-28
- [11] Brill, E. D. Jr.: The Use of Optimization Models in Public-Sector Planning, Management Science, Vol.25, No.5, 1979, 413-422
- [12] Brill, E. E. Jr., et al.: Modeling to Generate Alternatives: The HSJ Approach", Management Science, 28, 3, 1982, 221-225
- [13] Eisel L. M., et al.: Improved Principles, Standards, and Procedures for Evaluating Federal Water Projects, Water Resources Research, Vol.18, No.2, 1982, 203-210
- [14] Cohon, J. L., on the Identification and Measurement of Objectives, paper presented at the National ORSA/TIMS Meeting, Las Vegas, Nevada, November 1975
- [15] Deason, J. P. and White, K. P. Jr.: Sepcification of Objectives by Group Processes in Multiobjective Water Resources Planning, Water Resources Research, Vol. 20 No.2, 1984, 189-196
- [16] Haims, Y. Y.: Risk and Impact Analysis in a Multiobjective Framework *Risk-Based Decision Making in Water Resources*, Haims, Y. Y. and Stakhiv, E. Z., American Society of Civil Engineers, 1986, 46-64
- [17] Keeney, R. L.: *Decision Analysis: An Overview*, Operations Research, Vol. 30, No. 5, 1982, 803-838
- [18] 瀬尾美巳子, 多目的評価と意思決定, 日本評論社, 1984
- [19] 榎木義一, 中山弘隆: 多目的決定の動向と展望, システム制御, Vol.28, No.11, 1984, 619-627

日本OR学会 入会のご案内

会員の種類と会費

当学会の会員は次の4種類となっています。

名誉会員	特に学会で推薦された個人		
正会員	個人	年会費12,000円	入会金1,200円
学生会員	個人	年会費5,000円	入会金600円
賛助会員	法人A種	年会費95,000円	} 入会金不要
	法人B種	年会費48,000円	

(ただし, B種は中小企業に準ず)

会員の特典

- 個人会員には当機関誌(月刊オペレーションズ・リサーチ)と論文誌(季刊 *Journal of the Operations Research Society of Japan* [和名: 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌])を1部, 賛助会員には1口につき2部無料配布します。
- 論文誌への投稿, 研究部会への参加ができます。
- 春, 秋2回の研究発表会, シンポジウム, 月例講演会, ORセミナー, 各支部主催の研究会や講演会等の学会主催の催しへの優先参加ができます。(参加費を必要とする場合も非会員のだいたい半額程度です)
- 賛助会員はOR企業サロンに参加できます。

入会手続き

入会ご希望の方には, 会費振込用紙・原簿等の必要書類をお送りいたします。なお, ぜひ入会していただきたい方がいらっしゃいましたら, 紹介者ご記入のうえお送りください。

社団法人 日本オペレーションズ・リサーチ学会

〒113 東京都文京区弥生2-4-16 学会センタービル ☎(03)815-3351~2