

# 研究展望

## 土木計画学の発展過程と今後の課題

### HISTORICAL REVIEW AND FUTURE ISSUES OF INFRASTRUCTURE PLANNING AND MANAGEMENT

長尾 義三

by Yoshimi NAGAO

#### 1. まえがき

土木計画学という学問の体系が存在するであろうと認識されたのは、1958年（昭和33年）京都大学土木工学科の教科目に加えられたことが最初といわれている。土木学会に土木計画学研究委員会が設けられたのが、1966年（昭和41年）である<sup>1)</sup>。以後、土木計画学に関するシンポジウム、講習会、研究発表会等が開催され、1983年の年次学術講演会では約200編、また土木学会論文報告集でも、年ごと増加し<sup>2)</sup>、同年22編に達する。

わが国の場合、近代工学の導入の過程において、鉄道・河川・港湾・道路、上・下水道、都市計画という応用分野別にその基礎を広げてきた経緯がある。したがって、水理学・構造力学という自然科学の応用基礎工学を共通としながら、土木工学とはそれらの各分野の工学の集積したものという考え方が強かった。

土木計画学の認識は、こうした土木工学を、計画学、設計学、施工学、さらに管理学という、構造物をつくり出す過程を体系化し、そのうち計画部門の共通理論、課題を見出し、土木工学の新たな発展を期そうという動機をもっていただと思われる。

こうした土木計画学の学問としての存在を危ぶむ人も多かった。土木計画学研究委員会の成立が土木学会の理事会でなかなか認められなかった経緯がそれを示している。都市計画、道路計画、河川計画はあっても、土木計画学というものには存在しない。こうした各分野別の計画学としては、経済・社会、理学等の諸学問の融合したものであるというのである。さらに、計画学は存在しても

土木計画だけの領域があるかというのである。われわれは、これを土木計画・学、土木・計画学の問題としてそれぞれその存在の論理と、学問追及の必要性を強調した<sup>3)</sup>。土木構造物創成の動機は、他から与えられるものでなく、また芸術の世界のように、技術者の個人的主観のみから生まれるものではない。戦後の民主化の過程の中で、確かに、土木計画の各分野に携わるものの中で、土木工学の中に欠如されるものを意識した。それは、それぞれの分野で、技術者が土の強度や、水の流れの計画だけでなく、自ら計画の責任の地位につくことの多くなったわが国の特殊な事情がより強く土木計画学の確立を必要としたのかもかもしれない。施工を中心とする建設業の中ではこの学問の意義の理解は遅れた。しかし、経営とか、施工管理計画、さらに、海外での土木のプロジェクト開発に直面するに及んでその理解も進められた。また設計から出発した土木のコンサルタント業も、計画部門の需要の発生により、経済学、建築学から出発している計画部門と違った学問研究の方向をもつこととなった。

#### 2. 発展過程

河川・道路・港湾・鉄道という各分野別の計画学は、それぞれの分野で、学際的に発展していくべきものとし、これとは別に、土木計画学研究委員会で扱う計画学はいわゆる土木・計画学という色彩が濃いものとして認識されているようだ<sup>3)</sup>。すなわち、計画学という広い分野の学問を土木技術にかかわる側面に注目して、分野別の計画学に共通する普遍的原理を求めていこうとするところに多くの人の理解が得られている。

各分野で策定された計画の構造分析、いわゆるシステ

\* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学科  
(〒606 京都市左京区吉田本町)

ム分析を含め、どちらかという計画策定に至るプロセスの中に問題を見出し、この究明に重点が払われることになる。図-1に動機づけ、問題の発見・計画の分析・決定として表示されている。動機づけは、情報収集、処理・問題点の抽出を含み、計画の対象、主体、目的を設定する段階である。次の問題の発見は、問題の構造を明確にする段階で、計画のパターン認識が行われる。計画の分析は、代替案創出、選択の段階で、最後の計画の決定へと続く。

すべての学問の進め方がそうであるように、計画学でも、分析・評価・総合の繰返し過程の中で、1つ1つの段階を踏んで、計画が策定されていくことになる。

このプロセスの中で、他の基礎科学の分野で発達をみた学理が、土木工学的に新たな手法として開発、援用されている。表-1にその主なものが提起されている。こうしてみると、物理・

表-1 計画研究分野の主な手法

情報分析と予測 (動機づけと問題発見)	代替案策定 (計画の分析)
(直接法) インタビュー、アンケート、文献処理と検索、現状指標の計測、原単位、データベース、データバンク、KJ法、ブレインストーミング、デルファイ、シナリオライティング、関連樹木、SAD、DEMATEL、ISM、FSM、USEC、因子分析、主成分分析、クラスター分析  (間接法) 時系列、最小自乗法、各種相関分析、回帰分析、数量化理論、計量経済モデル、産業連関分析、マルコフ過程、SD、シミュレーション、情報理論、問題発見法、短期と長期、部分と全体  (交関関係) 待ち行列、発生・集中交通量モデル、分布交通量モデル(重力モデル等)交通量配分モデル(集計・非集計)	シナリオライティング、原単位法、定式化・線形(非線形)計画、写配法、費用便益(効果)分析、動的計画、最大原理、ページェン、多目的・多属性効用関数、段階計画、部分と全体、SA、SD、対話法、ネゴシエーション  評価 (計画の決定)  基準設定 (シビルミニマム、ナショナルミニマム)極値、最適化、投資効果比較、インパクトスターディ、アセスメント、一対比較、総合比較(評価)ゲーム理論、信頼性、不確実性の処理、決定樹木、写真、ディスプレイ、模型、エスキース、委員会、審議会、利害の調整

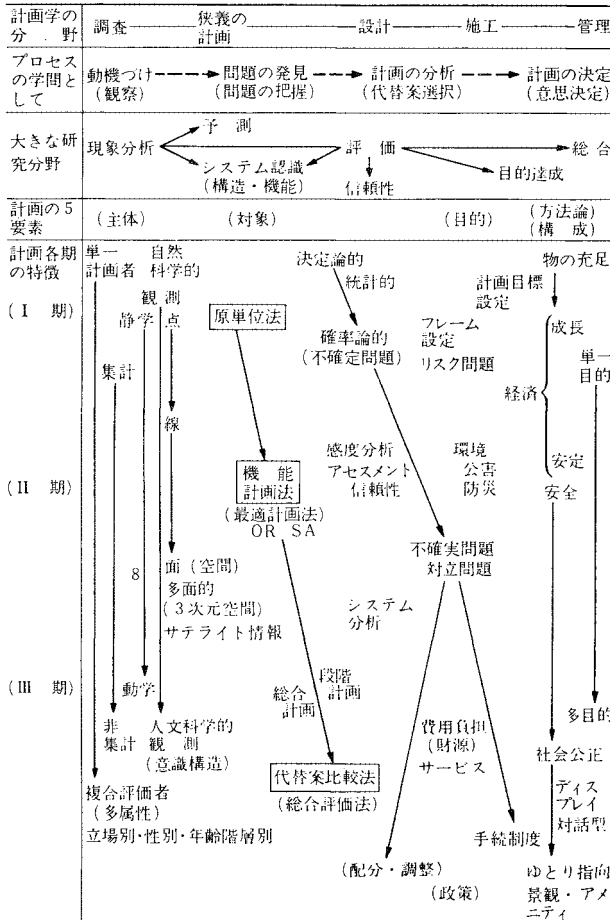


図-1 土木計画学の推移

数学のほか、経営学、経済学、統計学、社会学、生態学、等が多く用いられている。このことから、構造力学・水理学・土質力学等と違った基盤に立っていることがわかる。

昭和30年代と、それまでの計画学初期の段階ではこれらの学問の導入はまだ少なく、目的も公共の福祉増進に役立てるといって曖昧なものであった。土木構造物の数量的充足に力点がかれ、技術的に設けられた安定基準に最も経済的に達すればよいという考え方に支配されていた。土木構造物がつくられれば、それは、公共福祉の増進に役立ったとみなされていた。また規模決定も、必要な需要量を原単位で除して計画量を求めるという単純なものであった。これは、外力に対して生ずる内力を材料構造物の強度から求めたあまり基準の明確でない許容応力で割って、数量、寸法を求める考え方と何ら異ならない。決定論的であり、単一計画者の判断に委ねられた時代といえる。原単位法、物理的計画法の時代といえる。

昭和40年代の第II期は、応用数学として発達をみた確率・統計学また、数理計画、また経済学・経営学を取り入れた、工業経済学、IE、MEの影響を強く受ける。前期との大きな違いは、計画者の立場、目的を明確にし、さらに、計画が目的をどのように充足しているかを確かめようとする時代といえる。オペレーションズ

リサーチの手法が主流となった時代であり、その代表的なものは線形計画法であったといえる。これは、幾つかの制約条件のもとで設定した目的の極値を定式化して求めようとするものである。まさに、計画の科学化への道はこのとき拓かれたといえる。また、決定論的でなく、確率事象として現象をとらえようとする試みが行われる。交通現象の解明にマルコフ過程が用いられ、これから誘導された待ち行列理論はその代表的なものである。こうして、原単位法が示した物理的計画法から、計画システムの定式化による機能的計画法へと一大進歩を遂げる。

第Ⅲ期の昭和50年代以降は効率を主とした機能の最適化法に批判が与えられることになる。これは土木計画の実際面との乖離が大きいこと。また単一目的の極値化に共感が得られなくなったのが、その最大の理由である。前者については、定式化そのものの過程で、現実と大きく遊離する要因が含まれ、また、単一目的極値化は、数理計画法それ自体の限界ともいえる。それに対して、乖離の処理すなわち、感度分析から、信頼性工学の導入、さらに不確実問題としての取扱いが研究対象となり、また環境アセスメント手法を始め、多立場、多目的に応ずる手法の開発が進められた。多目標計画法や、多立場、多目的多属性計画法も、巧妙な効用理論の援用によって開発されるに至った。しかし、このような複雑な計画構造を一義的に定式化することの困難性から、全体を部分に分けて分析し、さらにこれを総合するシステムズアプローチの方法がとられたり、いくつかの視点での極値代替案を総合的に比較するといったハイブリッドもしくはコンプレヘンシブの計画法が新たに考究されるに至っている。コンピューターの急速な発展はこうした計画学発展を支えているといえる。

### 3. 今後の課題

土木計画学は一面、分析と評価そして総合を最も明確にして進めなければならない学問分野の1つとして位置づけられる。分析は、正しく過去・現在の事象を適切な指標を用いて計測し、その結果に基づかねばならず、さらに、将来の事象をも予測し、それに対応した計画でなければならない。また、適切な計画構造(システム認識)の把握を行わねばならない。さらに評価は、技術的な安定性、耐久性という物理的なものだけにとどまることは許されない。経済性・社会性、特に人間の感覚(たとえば美、健康、信頼感、公正観)を満足させねばならない。こうしたことは、設計、施工、管理の段階でも必要なわけであるが、その分野への理論も提供しなければならない責務をもつ。こうしたことを、現在の計画学の進歩の段階で、現実と対比するとき、まだまだ多くの課題を残

していることを指摘し得る。一例が予測であるが、どんな精緻な予測モデルを用いても、その理論値と、実績値との乖離は、他の工学分野における誤差とは比較にならないほど大きい<sup>4)</sup>。こうした現実の中での計画学のあり方自体どのようにすればよいのか、出発点での批判にまで戻って考え直さねばならない大きな課題であると思う。当面対処すべき他の主な課題を列挙すれば、次のごときのものであろう。

#### (1) 情報処理

土木計画には、工学分野のみならず、広い分野の情報を必要とする。何を必要な情報とし、それをどのように収集し、計画に用いていくか。これ自体計画学の学理を必要とする。個々人の意識構造から、サテライト観測による情報まで、範囲を広げたらきりが無い。有効な情報を適切に使用方法を考究していかなければならない。コンピューターの進歩はそれを助けてはくれる。どのようにこの有用な道具を活用していけばよいかの研究が、今必要となっている。

#### (2) 価値観の多様性

計画は住民主体で行うべきだという建前論ほど、あいまいなものはない。住民自体いろいろな価値観をもっている。計画の第Ⅲ期はこの問題に当面しているといってもよい。特に、公共財としての社会資本形成にあたっては、将来の子孫の個々の価値観まで思いを伸ばさなければならぬであろう。多立場・多目的・多属性の計画論をどのように発展させていけばよいか、1つは、計画する時点で、皆が、満足する公正な計画がよいのであろうが、それをどのようにして方法論化するかである。一つの例は便益の帰属の明確化と、費用負担の公正を計画論の中で明示することであろう。これは、一般財源として、税金のみに依存せず、土木事業を増加させることとも関連するが、さらに、開発・保全事業の組織、民主主義の社会制度をどのようにつくるかといった問題にまで発展しかねない。図-1の右下の方に、そのようなことが示唆されている。このとき、土木計画学の範囲をどこにおくか明らかにしておかないと学問としての領域を出てしまうおそれがある。

#### (3) 動的計画法(段階計画)

土木計画の対象は、私企業のそれと異なり、懐妊期間・供用期間がきわめて長い。超長期の需要への最適解と、現実への最適解は相異なることはよく知られている。段階計画法の提案は、そうしたことから行われているが、これを計画論としてどのように位置づけていけばよいかである。

#### (4) 総合計画法(総合評価)

(3)の課題が、時間軸の問題とすれば、これは、空間軸での問題といえる。部分と全体との調整問題である。

うまくボトルアップできトップダウン、ブレイクダウンできればよいが、大変な仕事である。フィードバックして、計画を取れんさせる必要がある。システム・アナリシはその課題に応えようとしているが、巨大システムをうまく制御することが計画論としての大きな課題といえる。これは、現行の行政組織とも関係してくる。

#### (5) 不確実性の処理

自然科学を工学に应用する場合、援用される確率・統計学は、水文学あるいは土文学に有効に機能しているように思われる。それは自然界の事象は一応空間を限定すれば、確定値か、不確定値かはわからないが、真値をもっと仮定してもよいと思われるからである。しかし、土木計画の対象では、すべてこのような仮定をおくことができるとは限らない。現在のところ、そのように認識しても、確率・統計学に依存しなければならない状態にある。前述したように予測が当たらない論議にしても、過去、現在に生じた事実に立脚して確率・統計論に依存しているからで、将来の子孫の価値感まで、予測し得る理論と手法をいまだ持ち合わせていない。とすれば、計画学の範囲をどのように限界を設け、また、実際の計画をどのようにすればよいかを模索するのが、技術としての土木計画論として別に必要となるわけである。

#### (6) 計画のディスプレイ

建築学の方での計画の概念、また表示法はわかりやすい。土木計画の分野での計画の表示法はまったくお粗末としかいようがない。極端に抽象的か、また、数学の羅列で、すべての立場の人の理解が得られない。土木事業実施での混乱はこうした計画表示のまずさからきているといっても過言ではない。しかし、ゆとり、景観、アメニティ、健康で生き甲斐のある土木構造物、地域計画でございますといっても、どのように表現すればよいかますます思い当たらない。すると専門家の審議会、委員会を通じることになってしまいが、大きな課題である。

#### (7) 制度・手続

確かに、すべての人が願望を充足し、公正感をもち、十分に子孫に伝えても恥じない土木計画をもつには、計画者の独り善がりではなく、多くの人の意見を入れた計画策定法自体をもう一度見直して、計画学の中に取り入れてもよいのではないかと思う。実際計画しても計画は計画で、実施のときは別というのでは、計画学を体系化しようとしても意味がない。計画主体や財源調達の方法の採用の仕方では計画の内容はガラリと変わってしまうのが

現実である。絵に描いた餅しかつけれないのでは、計画学の本旨から外れてしまう。実施可能な合理的な計画を策定するのが、われわれの本来の任務であろう。ここで、同じ水の学問でも水理学と水文学、そして、実用河川工学と、港湾工学と分かれていく過程が、土木計画学の中でも生じてくるものと思われる。そしてそれぞれの分野がそれぞれ相互に補完しながら発達していくことが考えられる。

#### (8) 境界領域としての土木計画学

いずれにしても、多くの基礎科学を基盤にもつ土木計画学は、専門に深化した分野の研究と、それを結びつけた総合学問としての研究分野に分離発展をみる段階に来ているようである。研究を押し進めるとき、常に civil Engineering とは何かの基盤を離れないように自覚しておれば、それが、土木計画学の一部を研究しているといえるのではないかと思う。

## 4. むすび

土木計画学が認識されてから 1/4 世紀たった。その発展過程は、土木計画学研究委員会の行ってきた、毎年のシンポジウム、研究発表会、さらに、体系的に土木計画学シリーズの各編に見出すことができる<sup>9)</sup>。それを見返すことによって、真の課題がみえてきた段階に入ってきたと思う。しかし、意外と、今まで学んできたものと違った分野にまで発展させないと、土木工学での一人前の位置づけがなされないように思われる。このたび、土木計画学の分野として、土木学会論文報告集の中で、独立し得たことは喜ばしいことである。しかし、学問として、また実用に役立つ研究の中味の充実は、今日、この日において始まったといえる。

#### 参 考 文 献

- 1) 土木学会土木計画学研究委員会幹事会：土木計画の考え方、第3回土木計画学研究委員会シンポジウム、pp.9～18、昭和44年1月。
- 2) 堂柿英輔・佐藤馨一・五十嵐英夫：土木計画学の史的研究、土木計画学研究発表会概要、pp.341～346、昭和58年6月。
- 3) 長尾義三：土木計画序論、共立出版、pp.39～42、昭和47年4月。
- 4) 長尾義三：土木事業における不確実問題、土木学会誌、第65巻、第9号、pp.2～6、昭和55年9月。
- 5) 土木学会編：土木計画シリーズ1～V、技報堂出版、昭和51～59年。

(1983.3.30・受付)