

パーソナル・コンピュータを用いた工程管理 システムの開発に関する方法論的研究

METHODOLOGICAL STUDY ON PERSONAL COMPUTER-BASED MANAGEMENT SYSTEM DEVELOPMENT FOR CONSTRUCTION PLANNING AND SCHEDULING

池田 将明*・吉川 和広**・春名 攻***
By Masaaki IKEDA, Kazuyoshi YOSHIKAWA
and Mamoru HARUNA

It is well known that network technique e.g. PERT/CPM has not been diffused in construction site-offices for planning and scheduling. We thought there were two main reasons which were a insufficiency of network method and some difficulty to use computer in site-office. Then in order to improve such drawbacks, we have been tried to renew PERT/CPM, and we have developed a personal computer-based management system called PF-NETS, Planning Forecasting—NETwork System. In this paper, we epitomize our recent results of study. And the purposes of this research project are : (a) to demonstrate the viability of applying this system, (b) to find out some problems, and (c) to show the way to explore them by A.I. techniques. In this process we discovered the new concept which indicate a discrepancy between hierarchical networks. And we named the higher level network "Conceptional Network".

Keywords : construction management system, precedence network, PERT, conceptional network

1. はじめに

わが国の建設業界に、革新的な工程管理手法として PERT (Program Evaluation and Review Technique) が導入されてから、すでに 20 年余りが経った。これは、建設業における大型コンピュータの導入と時を同じくしており、建設業におけるコンピュータ活用ということからも、当時 PERT の積極的な導入が試みられた。しかし、この間になされた多くの先人達の努力にもかかわらず、一部の大型プロジェクトを除き、現状において PERT がそれほど活用されているとはいいがたい状況にある。この原因にはいくつか考えられるが、工事現場事務所 (以後、作業所とよぶ) におけるコンピュータ利用の困難さも、大きな支障要因の 1 つであったと考えられる。

しかし、近年になってパーソナル・コンピュータ (以後、パソコンとよぶ) が急速に作業所へ導入されるようになったことから、この要因に対する環境もかなり変わってきている。また、これに呼応して多くの企業で工程

管理業務 [以後、特に断わらない限り計画 (Planning)・指揮 (Directing)・統制 (Controlling) のマネジメント業務のことを“管理 (management)”とよぶ] についてもシステム化が試みられるようになってきた。また、現在、パソコンを用いて個別に開発が進められている原価、資材、労務などの各業務システムも、運用が進むに従って、工程管理システムを中心としたトータル工事管理システム (On-site Management System) に統合化していこうという、次段階の合理化をにらんだ試みもなされるようになってきた¹⁾。

以上の状況から、われわれは PERT 系ネットワーク手法を用いた工程管理業務のシステム化が重要な課題であると判断した。そして、トータル工事管理システムの中核となるようにネットワーク手法を改良し、これを適用した実験システムを開発し、実際の建設工事に適用することにより、その有効性を実証することを考えた。

本論文は、このようなねらいのもとで、2. では現状における PERT を中心としたネットワーク手法適用の問題点を整理した。3. ではシステム開発に適用する目的で行ったネットワークモデルの改良を紹介する。また、4. ではパソコン用²⁾に開発した工程管理支援システム PF-NETS (Planning Forecasting—NETwork System) の概要について述べる。また 5. では、本システムを下

* 正会員 フジタ工業 (株) 土木本部工事統括部
(〒151 渋谷区千駄ヶ谷 4-6-15)

** 正会員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科
(〒603 京都市左京区吉田本町)

*** 正会員 工博 京都大学助教授 工学部土木工学科 (同上)

水管敷設工事に適用した概要を紹介し、最後の6.では、適用結果の分析から発見した“階層間のずれ”という現象と、これに伴う“概念ネットワーク”の定義、さらにはこの問題に対する知識工学手法適用の考え方を示した。

2. 建設工事における PERT 適用の問題点

建設工事に PERT を適用する場合の問題点は、これまでいろいろな場で議論されてきている²⁾が、以後の議論の参考とするために、これら問題点の整理を試みた。ここでは、これらの問題点を、PERT を建設工事へ適用する場合の問題点と、これを利用する場合の使用上の問題に分けて整理した。

(1) 建設工事適用上の問題点

a) 工程表現の自由度に関する問題

PERT における“先行作業→後続作業”という順序関係は、非常に簡潔で理解しやすいというメリットをもつ反面、並行作業等、建設工事によくある作業間の関係をうまく表現することが難しいという欠点もある。このため、これまでにプレシデンス・ネットワーク法 (Precedence Network, 以後 PN 法とよぶ) 等の PERT を改良した手法が開発されてきた。しかし、これでもなお建設工事での適用には制約があると考えられるので、後に述べるように、作業パターン分析による手法の改良を検討する必要がある。

b) 計画案の実行可能性に関する問題

よく知られているように、PERT はプロジェクトの全体工期を知ることが目的に開発され、後に投入資源やコストに関するデータも加え、工程の最適化を図る手法に拡張されてきた。しかし、資源やコストまでを考慮して数学的に最適解を求めることは、解の組合せが膨大な数となることから事実上不可能と考えられ、実際にはいくつかの簡便法 (山崩し法) が提案されているにすぎない。このため、作成された工程計画の実行可能性には疑問が残る。この点は、今後の検討課題である³⁾。

c) 計画方式の相違による問題

PERT は未知なるプロジェクトを対象に開発された手法であるため、詳細部分から全体計画を組み立てる方法を基本としている。しかし、建設工事では一般的にトップダウン的に計画化される場合が多いので、これに適用するためには、手法になんらかの仕組みを考える必要がある。この方法の1つとして、ネットワークの階層構造化がある。つまり、階層性を利用することにより、不確実性の減少を伴う工事の進行に従って、上位レベルのネットワークをサブネットに詳細化していくことが合理的に行えると考えられる。なお、以上のような計画方式の違いは、積上方式と割付方式という言葉で表わされてい

る⁴⁾。

d) 工事のタイプとの適合性

建設工事にはいくつかのタイプが存在し、たとえばシールドの掘進計画やダムのコクリート打設計画のように、ネットワークで記述するより他の手法を用いた方が妥当と考えられる工事が存在する。しかし、今後開発が進むと予測されるトータル工事管理システムの中核に、工程管理システムが位置することを考えると、現在不適当と考えられる工事へもネットワーク手法を適用できるように、手法の改良を図る必要がある。

(2) PERT 使用上の問題点

a) コンピュータ利用の煩雑さ

PERT を実際の業務に適用する場合は、アクティビティが多くなり、コンピュータの利用が不可欠である。しかし、これまでは本支店の大型コンピュータが用いられてきたため、作業所での利用にはかなり手間のかかる状況であった。しかし、本論文で紹介するパソコン利用システムや、オンライン・ネットワークによる大型コンピュータ利用等により、この問題点は、今後急速に解消されることと予想される。

b) データ作成の煩雑さ

PERT を利用する場合には、一般に詳細なデータが必要とするため、データ作成作業が大きなネックとなる。しかし、これらのデータの中には、コンクリート構築工における「型枠組→鉄筋組→コンクリート打設」など一連の順序関係や、階層的な作業分割など、経験的知識から容易に推定できるデータが多く含まれている。そこで、これらの経験的知識を蓄積する知識ベースや、それらを計画に自動的に取り込む AI 技術の適用が、この問題の主な解決策となるのではないかと考える。

c) 計画変更への対応の難しさ

建設工事では、その特性である不確実性の多さから、計画時における代替案作成のための条件変更や、着工後における計画変更が、頻繁に行われる。現在、PERT を中心とするネットワーク手法の利用頻度の低い最大の理由は、これらの変更が多大な手間を必要とすることにあるものと考えられる。そこで、作業内容や順序関係の修正を容易とするようなマンマシン・インターフェイスの開発が必要となる。本論文では、この点に関して、後に述べるようにプロジェクト・グラフによる方法を提案している。

3. 工程ネットワーク・モデルの改良

ここでは、工程管理業務にネットワーク手法を適用する場合の問題点の一部を解消し、システム化する目的で行った、ネットワーク手法の改良について述べる。

(1) ネットワーク表現方法の改良

PERT では工程が表現しにくいという問題が指摘されているが、この改善方法として、表-1 に示した4つの作業間順序関係とタイムラグ (time lag) を表現できるネットワーク・モデルを考案し、PF-NETS に適用した。これは、PN 法から FS (Finish to Start) 関係と SS (Start to Start) 関係を取り入れ、これに加えて、後続作業が先行作業の作業時刻を規定する BF (finish BeFor start) 関係と、労務、機械、資材などの資源転用を表わす RE (REsource removal) 関係という作業間の順序関係を新たに取り入れたものである。そこで、このモデルを改良プレシデンス・ネットワーク法 (改良 PN 法) とよぶこととした。

この結果、PN 法によるもの (前半4つ) を加えて、以下のような6つの特徴をもつようになった。また、このネットワーク・モデルの適用例とその計算結果を図-1 と表-2 に示す⁵⁾。この例では、コンクリート・ポンプ

打設とそのための配管作業、それに鉄筋組立作業とそのための加工作業の間の関係を BF 関係で表現している。

- ① SS 関係により、並行作業関係の表現が容易である
- ② 工程計画図がバーチャート形式で表現される
- ③ データが作業と順序関係に分かれるため、変更が容易である
- ④ タイムラグ指定により、並行作業のずれやコンクリートの養生期間などの表現が容易である
- ⑤ BF 関係により、ある作業に付随する準備作業の指定が容易である
- ⑥ 工事資源の転用関係を別個に入力・表示できる

(2) 概略・詳細レベルの2階層ネットワーク構造
建設生産構造には月間・週間・日常レベルなどの階層性があり、時間の経過とともに詳細化されることが知ら

表-2 適用例の日程計算結果

No.	作業名称	日数	ES	EF	LS	LF	TF
A001	準備工	4	0	4	0	4	0
B001	型枠組立	4	4	8	4	8	0
B002	Concrete配管	2	9	11	11	13	2
B003	鉄筋加工	2	3	5	4	6	1
B004	鉄筋組立	5	6	11	6	11	0
B005	Concrete打設	1	11	12	13	14	2
B006	型枠解体	3	14	17	16	19	2
C001	型枠組立	4	8	12	9	13	1
C002	Concrete配管	2	14	16	14	16	0
C003	鉄筋加工	2	8	10	9	11	1
C004	鉄筋組立	5	11	16	11	16	0
C005	Concrete打設	1	16	17	16	17	0
C006	型枠解体	3	19	22	19	22	0

表-1 改良プレシデンス・ネットワーク法の作業順序関係

順序関係図	関係表示	内容説明
	FS=n	先行作業Aの終了後、n日以後に後続作業Bが開始できる。
	SS=n	先行作業Aの開始後、n日以後に後続作業Bが開始できる。並行作業を表すのに用いる。
	BF=n	先行作業Aは、後続作業Bの開始前n日以内に終了していなければならない。
	RE=n	計算上はFS関係と同じだが、工事用資源の転用関係を表すのに用いる。

注) n は作業間の遅れ時間 (タイムラグ) を表し、コンクリートの養生期間や、並行作業の "ずれ" を表すのに用いる。

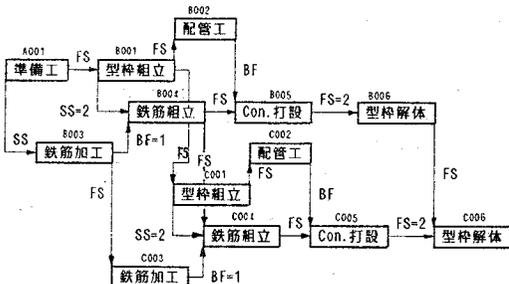


図-1 改良プレシデンス・ネットワーク法の適用例

(注) ES: 最早開始時刻, EF: 最早終了時刻, LS: 最遅開始時刻, LF: 最遅終了時刻, TF: トータルフロート

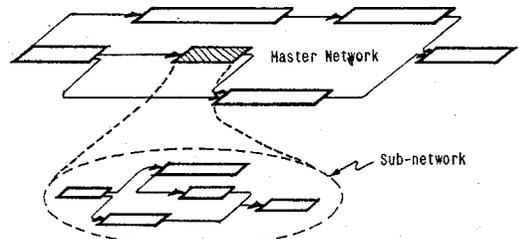


図-3 2階層のネットワーク構造

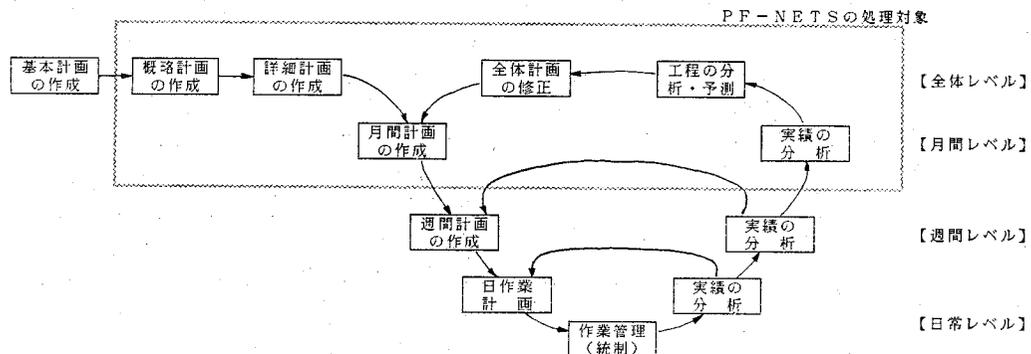


図-2 建設工事のプロセスと PF-NETS の適用範囲

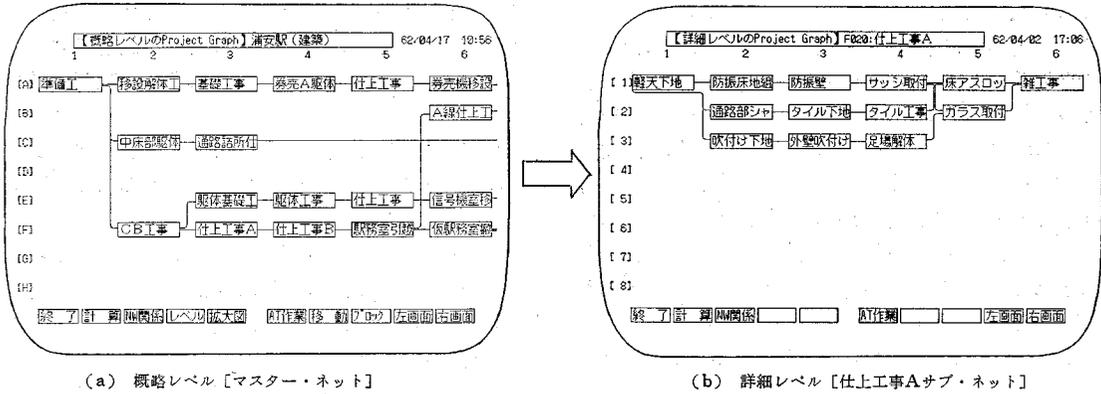


図-4 プロジェクト・グラフによるデータ編集

れている⁶⁾。このプロセスを図化したものが図-2である。今回のシステム開発においては、この図中の破線部分を対象としたため、図-3のような概略と詳細の2つのレベルで階層的に表現できる階層型ネットワーク・モデルを開発した。

このモデルでは、後述するプロジェクト・グラフで表わした図-4のように、概略レベルと詳細レベルのネットワークが別々に画面に表示されるために、ネットワークの把握が非常に容易となる。つまり、概略レベルのデータ入力においては、サブネットをほとんど意識する必要がないこと。また、詳細レベル(サブネット)のデータ入力においても、上位のマスターネットをほとんど意識する必要がないため、データの入力・変更作業が非常に容易となる。さらに、工程図や月報等の管理資料をレベルごとに分けて出力できるため、判断がしやすくなるという特徴がある。なお、このモデルの日程計算は、詳細レベルに概略レベルの順序データを自動変換してから行う方式をとっているため、異なるサブ・ネットワークの作業間においても、資源の転用関係等を表現することが可能である。

(3) プロジェクト・グラフによるデータ入力

周知のように、建設工事管理にネットワーク手法を適用する場合、計画変更に対応しやすいかがキーポイントとなる。そこで、本システムでは、この点を改善するためにプロジェクト・グラフを用いたデータ編集法を開発した。このプロジェクト・グラフとは、作業の順序関係データをもとに、作業の先頭からの位置(レベル)を算出し、これによりデータをネットワーク図化したものである⁷⁾。前述したように、このプロジェクト・グラフでは、ネットワークが2階層の図として画面に表示され、この上で作業順序関係や作業内容を編集(追加・変更・削除)することができる⁸⁾。

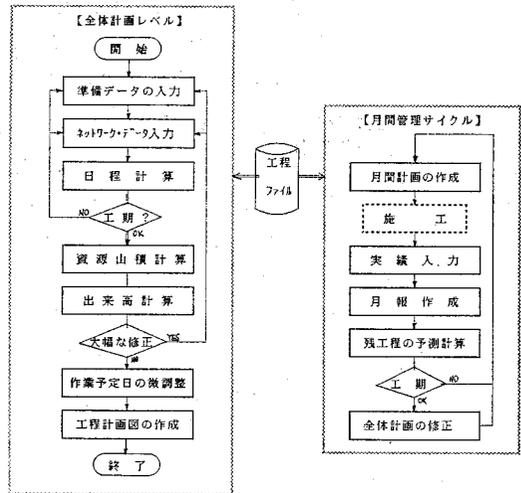


図-5 システムの処理フロー図

4. 工程管理支援システム PF-NETS の開発⁹⁾

これまでの検討から、工程管理支援システムにネットワーク・モデルを適用するための、いくつかの改良方法を考案することができた。たしかに、これだけですべての問題を解決できるわけではないが、ここまでの方法でどの程度の有効性が発揮できるのかを検証し、新たな改良方法を模索することも重要であると考え、パソコンを用いた実験システムを開発した。ここで、その概要を紹介する。

(1) システムの目的と適用手法

PF-NETSは、図-2の波線で示したように、概略計画以降の全体計画と、月間計画の管理業務を支援する(工程計算・管理資料の作成等)ことを目的としている。また、本システムでは、前節で説明した階層性をもった改良PN法を適用している。

(2) システムの機能

本システムの機能は、図-5に示すようにに工事中工ま

での全体計画の立案と、それ以後の月間工事管理に大きく2つに分けられる。

- a) 全体工程計画の立案
 - ① 工事概要、資源単価、標準作業、ブロック名称、休日等の登録機能
 - ② ネットワーク（作業内容・順序関係）の編集機能
 - ③ 改良 PN 法による日程計算機能
 - ④ 資源別山積（数量・金額）の計算・表示機能
 - ⑤ 工種別と累計出来高の計算・表示機能（図-6）
 - ⑥ マニュアルによる日程調整機能
 - ⑦ 工程図の表示・作図機能（図-11）
- b) 月間の工事管理
 - ① 月間工程計画の作成（予定作業の抽出）機能
 - ② 作業実績の記録・報告書作成機能
 - ③ 残工程の予測計算機能
 - ④ 残工程計画の修正機能

(3) システムの特徴

本システムは、図-7 に示した作業所設置のパソコンですべての処理ができる。また、前述したように、階層性をもった改良 PN 法を適用したこと、グラフによる工程データ編集機能を有していることなどが、基本的な特徴である。ここでは、これ以外の特徴を説明する。

a) 標準作業による入力・変更作業の軽減

RC 構造物工事における鉄筋組等のように、工程計画の中で頻りに現われる作業をこのシステムでは標準作業とよんで、工事種類別標準作業ファイルを作成し、入力

作業の軽減を図っている。

b) 作業日数の設定法

これまでのシステムでは、作業 (activity) の所要日数は、技術者がさまざまな条件から勘案し、入力する方法が取られてきた。しかし、本システムでは、所要日数を以下に示す3つの方法から選択できるようにした。

- ① 確定日による指定
- ② 日当たり投入資源量による指定
- ③ 作業スピードによる指定

ここで②は、該当作業に1日に投入する機械や作業員の数量（たとえば、パーティー人数）を指定し、これと作業数量、歩掛りから、所要日数を算出する方法である。また③は、日当たり計画作業量（作業スピード）を指定し、これと作業数量から所要日数を算出する方法で、主に概略計画や資源調達能力に余裕のある工事の詳細計画に用いられる。

以上のような機能を付加したことにより、対話型でデータを入力する際に、歩掛り等の条件を変化させながら検討して、適切な所要日数を設定できるようになった。さらに、所要日数決定の根拠を明確に記録し、他の技術者にも伝えることができるというメリットが生まれた。

c) 工程のシミュレート

歩掛りや作業スピードなどの所要日数設定条件を変更することにより、作業 (activity) の所要日数を一括変更し、簡単に工程をシミュレートすることができる。この機能は、計画時における検討や、着工後に歩掛り等の実績値を計画にフィードバックする場合に有効である。

(4) システムの機器構成

情報システム機器は 図-7 のように、16 ビット・パソコン (NEC PC-9800/VM) の標準的なセットにプロッターを追加した構成となっている。また、使用言語は MS-DOS のもとで動くコンパイラ型 N88-日本語 BASIC(86) を用いた。

5. 下水管敷設工事における適用例

本システムは、地下滞水池築造工事において最初の運用実験を行い^{9),10)}、以来システムの改良を重ね、これまでに高架橋駅部改良工事と下水管敷設工事で運用実験を行った。ここでは特に“階層間のずれ”という現象が見つかった下水管敷設工事の例を紹介する¹¹⁾。

(1) 工事の概要と特徴

本工事は、民間発注の大規模土地造成工事に伴う下水道工事で、延長 5.6 km にわたって下水道用ヒューム管を道路下に開削工法で敷設する（一部推進工事を含む）ものである。工期と規模の関係から協力業者3社（1社は推進専業者）、3工区に分割発注した。施工環境は、ほとんどの区間が田圃と丘の間の交通量の少ない幅員

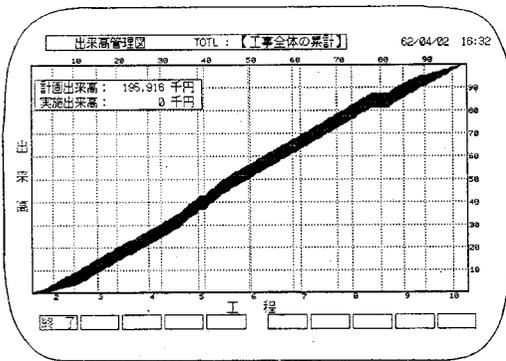


図-6 出来高金額の表示画面

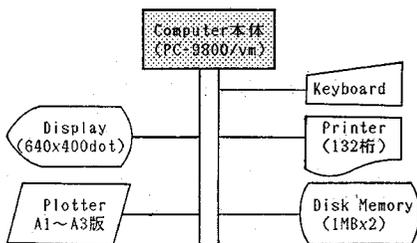


図-7 システムの機器構成

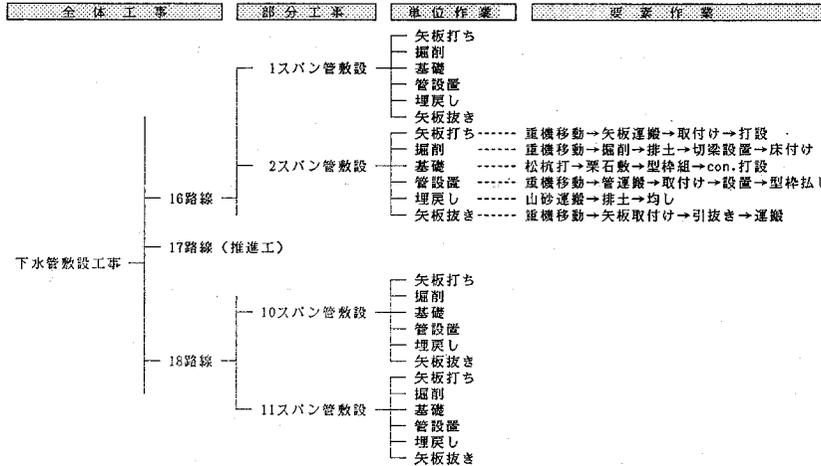


図-8 管敷設工事の WBS (一部)

4m ほどの市道で、埋設管はそれほど多くはない状況であった。また、幅員が狭いため一部で仮設道路が必要となり、そのための農地転用許可時期が、工程からみた 1 つの大きな不確定要因であった。本工事の WBS (Work Breakdown Structure) の一部を図-8 に示す。

(2) システムの適用経過

一般に管敷設工事では、人孔と人孔の間を 1 スパンとよび、工事の区切りとしている。本工事においても、工種ごとのバランスを考慮して、30m を基準として一部の短いスパンは集約し、長いスパンは分割したが、基本的には 1 スパンを管理の単位とした。1 スパンの基本作業パターンを図-9 のようになる。

a) 全体概略計画への適用

全体計画では、1 スパンを 1 作業とし、日当たり敷設延長 (作業スピード) を 3.5m~5.0m に変化させて、工程のシミュレートを行った。なお、このネットワークは、作業数約 200、順序関係数 200 程度で、日程計算には 1 分ほどを要した。

b) 詳細計画への適用

詳細計画では、図-8 の単位作業を 1 作業としてネットワーク・データを作成した。このとき、図-10 のような概略と詳細のレベル分けを行った。所要日数の算定方法としては、矢板の打ち抜きと掘削、埋戻し作業では日当たり資源投入数量 (パイプロハンマ 1 台/日) を用い、基礎構築と管設置作業では作業スピードを指定した。このネットワークは、作業数約 400 個、順序関係数 350 個程度で、日程計算に約 5 分ほどかかった。

(3) システム適用に関する考察

a) 処理スピード

本システムは、従来からの大型コンピュータではなく、16 ビット・パソコン上で稼働するため、処理速度

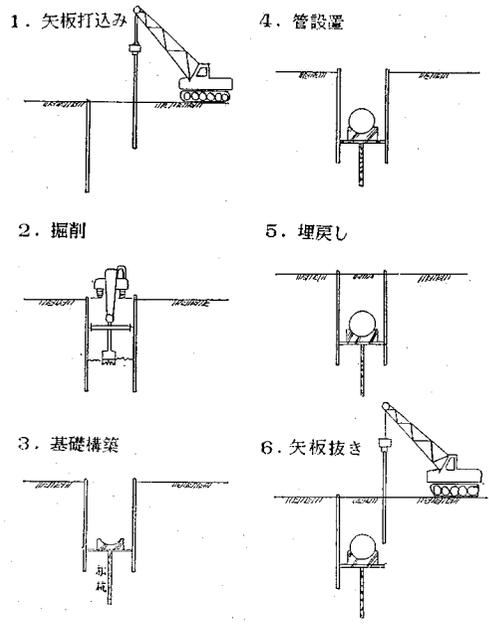


図-9 管敷設作業の基本パターン

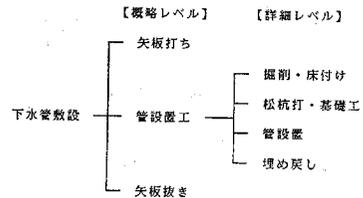


図-10 詳細計画での階層化

と記憶容量が問題となるのではないかと懸念された。しかし、今回の運用実験においては、作業数が少なかったこともあり、この点は、ほとんど問題とはならなかった。

b) 作業所設置パソコンでの利用

今回の運用実験では、作業所に設置したパソコンですべての処理を行った。これは、従来のように本社設置の大型コンピュータを利用した場合と比較して、大幅なトータル時間の省力化となった。また、これまで人手で行われてきた場合には、当初計画は PERT 的な考え方で詳細に作成するが、着工後は、工程図を描き直すだけでも手間がかかるので、大きな計画変更が生じない限り、全体計画の修正は行わずに、月間計画で対応するのが一般的であった。しかし、今回のようにパソコンを利用した場合は、その手軽さから、月ごとに残工程を検討し、常に最新の工程計画図を得ることができた。このことは、工事を管理 (manage) していくうえで大きなメリットであると実感した。

c) データの変更

今回適用した工事は、工程面からみて比較的単純な工事であったが、それでも道路下埋設物や仮設道路の民間借地の問題、許認可の裁可時期など、いくつかの不確定要因があり、施工順序がたびたび変更される状況であった。このような状況において、従来のシステムを用いた場合には、データ修正に多大な労力を必要とするのが一般的であった。しかし、今回の例では、作業所設置のパソコン利用という点に加えて、プロジェクト・グラフによるデータ編集機能という、より人間の視覚で理解しやすい形でのマンマシン・インターフェイスを用いたため

に、これらをスムーズに処理することができた。

d) ネットワーク・モデルの適用

改良 PN 法で工程を表現することに問題があるかどうかを判断することが、この運用実験の1つの大きな目的であったが、順序関係記述という点では、特に大きな問題はなかった。ただし、図-8 の WBS における部分工事 (スパン単位) を概略レベルに、また単位作業 (矢板打ち等) を詳細レベルに対応させて、本システムの2階層ネットワーク・モデルを適用しようと当初検討したが、これをうまく表現することはできなかった。

これは、図-12 のように後続スパンの矢板打作業が、先行スパンの矢板抜作業に先行するというように、詳細レベルにおける作業間の関係と、概略レベルにおけるものが完全には一致しないことに起因している。このため、前述したように、今回の運用実験では、スパン単位で表現した概略工程計画と、矢板の打ち抜き作業を単位とした詳細工程計画の2種類を、別個に作成しなければならなかった。以上のことは、管敷設工事では単純な階層モデルが適用できないことを示している。そこで、このような現象のことを、特に“階層間のずれ”とよぶこととする。このような現象は、管敷設工事に特有のものかどうか、今後の研究結果を待たなければならないが、経験的な判断からすると、他のタイプの工事でもみられる現象ではないかと推定できる。

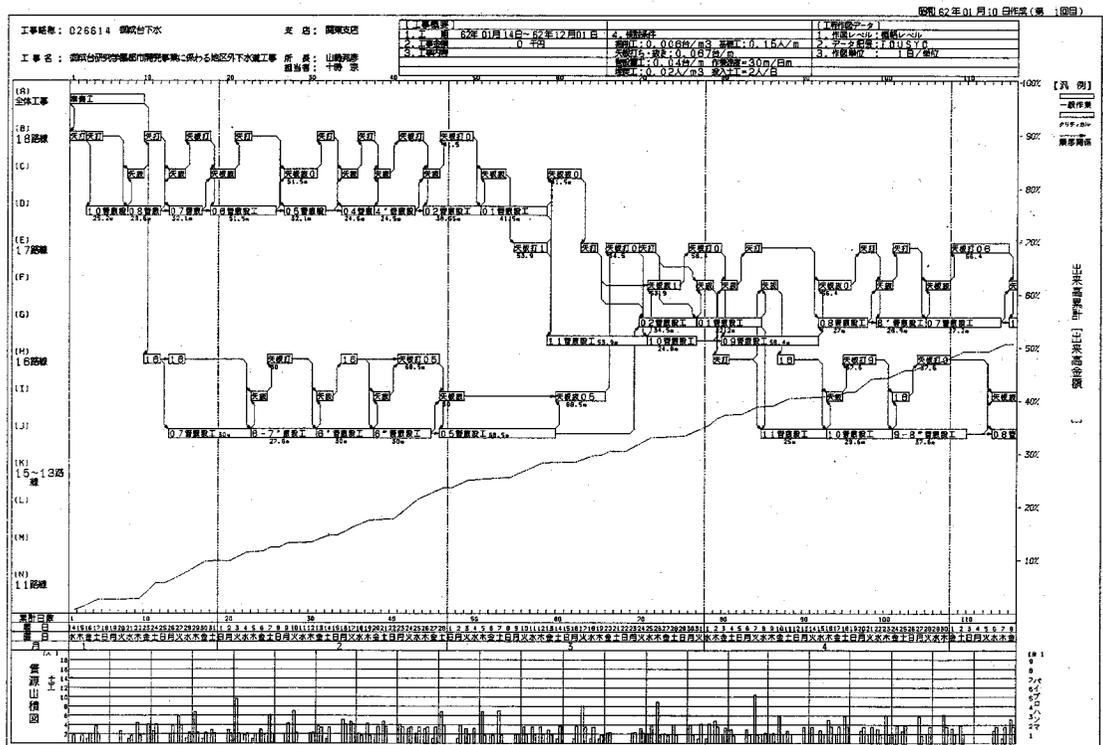


図-11 下水道管敷設工事の工程計画図 (一部)

工程管理システムPF-NETS [ソフトウェア工業株式会社]

8 スパン)

[関係③] 矢板打ち抜き関係

この中で、[関係①]は技術的な制約条件から、すべてのスパンにおいて決定される。また、[関係②]は概念ネットワークにより設定される。しかし、実施工においてパイプロハンマの移動で表わされる[関係③]は、より複雑な条件を考慮しないと設定することができない。この順序決定問題は、技術的に可能な作業順序の中から、他の制約条件(経験的知識)によって最適と考えられる経路をヒューリスティック(heuristic)に選定する組合せ問題として表現することができる。これらの経験的知識(ルール)は、順序関係の決定のものだけに限ると、上記の例では、次のような6つが考えられる。

[関係①]より、

① 同スパンの矢板打と矢板抜き作業が逆にならない

[関係②]より、

② 先行スパンより前に後続スパンの矢板打は開始できない

③ 先行スパンより前に後続スパンの矢板抜きが終了できない

パイプロハンマの移動量を最小化するために、

④ 施工スパンが飛ばす場合は、矢板抜きを終えてから移動する

これまでのルールで、選択可能な組合せ案が複数存在する場合は、

⑤ 遊休矢板がある場合は、矢板打作業を優先する

⑥ そうでない場合は、矢板抜き作業を行う

以上のルールを用いて、矢板打・矢板抜き作業の順序選定過程を表わしたものが図-14である。一般的に、このような経路選定問題においては、“組合せ的爆発”をいかに防ぐのが重要な問題となるが、概念ネットワークによる方法では、技術者があらかじめ基本的な順序関係を設定しているため、このような問題は起こらず、上記のルールをプロダクション・ルールとして表現し、仮説を立てて推論を行う仮説推論により決定することが可能だと考えられる。

7. おわりに

これまで述べてきたように、PF-NETSの運用実験の結果から、今回のように作業所で直接操作ができる工程管理支援システムは有効であるとの自信を深めることができた。そして論文の最後に、残された問題点を解決する方法として、概念ネットワークと知識工学手法適用の考え方を示した。この結果、概略作業を詳細作業に分

解するための知識だけでなく、建設工事を生産パターンで分類し、各パターンにおける詳細作業の順序関係設定ルールを、経験的知識として整理・蓄積する必要があることがわかった。また、これらの知識を効率的にシステム化するための知識工学手法についてはシステム実用化のための重要な課題と考え、今後さらに研究を進める所存である。

なお、本研究は、執筆者の一人である池田が昭和59年4月より2年間にわたり、フジタ工業(株)より京都大学に研究員として派遣された際の研究活動をベースとして発展させてきたものである。最後に、研究室在籍以来、始終、協力・助言を賜った京都大学工学部土木工学科土木計画学研究室のメンバー各位、ならびに吉井良二部長を始めとするフジタ工業(株)土木本部工事統括部の方々、および運用実験に協力していただいた関東支店御成台下水作業所の方々に深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 春名 攻・藤田興一・池田将明：地下滞水池築造工事における現場管理トータルシステムの開発について、土木学会第41回年次学術講演会，1986年11月。
- 2) 山本幸司：施工計画・管理手法としてのPERT系技法の現状と今後、土木工事のマネジメント問題に関する研究討論会講演資料集，1983年11月。
- 3) 池田将明・吉川和広・春名 攻：資源制約を考慮した工程計画システム化の研究，土木学会第40回年次学術講演会，1985年9月。
- 4) 嘉納成男：概略工程計画手法の開発—建築工事の工程計画に関する研究(その1)，日本建築学会計画系論文報告集，第359号，1986年1月。
- 5) 吉川和広・春名 攻・池田将明：パソコンを用いた現場マネジメントシステムの実験的開発について，土木計画学研究・講演集 No. 7，1985年1月。
- 6) 田坂隆一郎：土木施工の工事計画・管理のシステム化に関する実証的研究，京都大学学位論文，1983年6月。
- 7) 吉川和広：土木計画とOR，丸善。
- 8) 春名 攻・池田将明：On-site Management Systemの開発方法に関する研究，土木計画学研究・講演集 No. 8，1985年10月。
- 9) 吉川和広・春名 攻・池田将明：オンサイトマネジメントにおける工程計画システムの利用に関する研究，第10回電算機利用シンポジウム，1985年10月。
- 10) Ikeda, M., Yoshikawa, K. and Haruna, M.: Development of Personal Computer-based Management System for On-site Construction Planning and Scheduling, International Conference on THE USE OF COMPUTERS IN CIVIL ENGINEERING, August 15~16, 1985, TORONTO, CANADA.
- 11) 吉井良二・池田将明：工程管理支援システム(PF-NETS)の開発と適用に関する研究，第5回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会，1987年12月。

(1987.11.13・受付)