

建設省大臣官房 正員 田原 隆

I. まえがき

土木工事は、近年事業量が増大しているが、用地関係費の上昇、労務費・資材費等の上昇による工事費の上昇等により事業費指数が近年著しく増大している。即ち事業効率が著しく低下している。これのことに對しては、社会的・政治的対策は勿論必要であるが、我々技術者としては、工事を効率的に施工して工事費の低下に積極的に取組まねばならない。このためには、業務分析を行って、業務システムの合理化をはかるとともに人の組織としての施工組織の合理化をはからねばならない。筆者は、このことについて、建設省の地方建設局の業務並びに組織をもとにして、実証的に研究を行っているが、その一部である土木工事施工組織の研究について中間的に報告するものである。

2. 組織の構造分析に関する研究

組織はシステム的には、入力たる業務を処理する機構としてとらえることができ、それは通常人間及び機械の組合わせからなる。一般に組織の研究としては、組織を機構・構造の面から研究する方法と人間関係として見る研究とがあるが、本研究においては、人間関係は除外して行なう。従って現在ありのままの組織活動を観測してそのメカニズムを定量的に把握してそれをもとにして将来の組織設計を行なう方法を研究する。それには、組織の活動を数学的に理論づけ、それに数量化された業務をいれて組織を数値的に把握する必要がある。組織の活動を数学的に表わす方法は、いろいろ考えられるが、筆者が研究した方法の一つを紹介する。

まず建設省地方建設局における業務を調べると土木関係としては、河川工事及び道路工事に大別される。そしてそれらの業務は、①企画、②調査、③用地、④設計、⑤施工、⑥監督、⑦検査等と区別され、一つのフローをばして遂行される。又それらを処理する組織の中のポストとしては、①所長、②課長、③出張所長、④係長、⑤係員等がある。

今仕事量を業務を処理した時間で表わすとし、さらに業務の種類を一般的に、ポストを i と書くとすると業務別に業務の発生及び吸収の関係を右のように表わすことができる。ここに、ポストは上位のものから順に $1, 2, 3, \dots, n$ とし、地建外部のものを $n+1$ とする。又業務別仕事量 x_{ij}^s は業務 j 別に、

$$\begin{pmatrix} x_{11}^s & x_{12}^s & \dots & x_{1n}^s & x_{1n+1}^s \\ x_{21}^s & x_{22}^s & \dots & x_{2n}^s & x_{2n+1}^s \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{i1}^s & x_{i2}^s & \dots & x_{in}^s & x_{in+1}^s \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{n1}^s & x_{n2}^s & \dots & x_{nn}^s & x_{nn+1}^s \\ x_{n+1,1}^s & x_{n+1,2}^s & \dots & x_{n+1,n}^s & x_{n+1,n+1}^s \end{pmatrix}$$

のから順に $1, 2, 3, \dots, n$ とし、地建外部のものを $n+1$ とする。又業務別仕事量 x_{ij}^s は業務 j 別に、
 $x_{ij}^s \begin{cases} j \neq i \dots \dots \dots \text{ポスト } i \text{ からポスト } j \text{ への情報伝達 (命令・報告・会議) に要した時間} \\ j = i \dots \dots \dots \text{ポスト } i \text{ の人が自ら実際に行は、た作業時間} \end{cases}$

とする。次に、 $y_i^s \dots \dots \dots$ ポスト i から発生する業務 s の仕事量

$z_i^s \dots \dots \dots$ ポスト j に吸収される業務 s の仕事量

$T^s \dots \dots \dots$ 業務 s の全仕事量

従って、 $\sum_j x_{ij}^s = y_i^s$, $\sum_i x_{ij}^s = z_j^s$, $\sum_i y_i^s = \sum_j z_j^s = T^s$

この OD 表の $\{x_{ij}^s\}$ の部分を行列表示して X^s とすると式 (1) のように表わせる。この行列の各行・各列の要素に着目するとポスト i の入の仕事量 x_{ij}^s は次の ①～⑦のように分けられる。

$$X^S = \begin{pmatrix} x_{11}^S & x_{12}^S & \cdots & x_{1n}^S & x_{1n+1}^S \\ x_{21}^S & x_{22}^S & \cdots & x_{2n}^S & x_{2n+1}^S \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{n1}^S & x_{n2}^S & \cdots & x_{nn}^S & x_{nn+1}^S \\ x_{n+1}^S & x_{n+2}^S & \cdots & x_{n+n}^S & x_{n+n+1}^S \end{pmatrix} \quad (1)$$

- ① $i=1, 2, \dots, i-1; j=i$: 上のポストの人から命令を受けるのに要した時間
 ② $i=i+1, i+2, \dots, n; j=i$: 下のポストの人から報告を受けるのに要した時間
 ③ $i=n+1; j=i$: 外部から連絡を受けるのに要した時間
 ④ $i=i; j=1, 2, \dots, i-1$: 上のポストの人に報告するのに要した時間
 ⑤ $i=i; j=i+1, i+2, \dots, n$: 下のポストの人に命令するのに要した時間
 ⑥ $i=i; j=n+1$: 外部へ連絡するのに要した時間
 ⑦ $i=i; j=i$: 自ら実際に行なった作業の所要時間

従って、ポスト i の人の業務の仕仕事量 Z_i^S は、
$$Z_i^S = \sum_{j=i} x_{ij}^S + \sum_{j=i} x_{ji}^S + x_{ii}^S \quad (2)$$

業務別作業をさらに細かく見ると、計算する・読む・書くといった基本的作業に分解される。これを w_{ij}^{sr} で表すと式 (3) のようになる。

$$x_{ij}^S = w_{ij}^{s1} + w_{ij}^{s2} + \cdots + w_{ij}^{sr} \quad (3)$$

この両辺を x_{ij}^S で割れば、

$$1 = w_{ij}^{s1} + w_{ij}^{s2} + \cdots + w_{ij}^{sr} \quad (4)$$

となる。 w_{ij}^{sr} の比率を求めて x_{ij}^S をかけ合わせることでより業務別作業別仕事量 w_{ij}^{sr} が求められる。

各業務別 OD 表 X^S を要素毎に加えれば、全業務による OD 表 (全業務による OD 表) X が求まる。

$$X = \sum_S X^S \quad (5)$$

ここに、 $x_{ij} = \sum_S x_{ij}^S$, $y_i = \sum_S y_i^S$, $z_i = \sum_S z_i^S$, $T = \sum_S T^S$

次に業務別 OD 表の各要素を T^S で割り正規化し、これを業務

別単位 OD 表とよぶ。ここに $p_{ij}^S = x_{ij}^S / T^S$, $u_i^S = y_i^S / T^S$, $v_i^S = z_i^S / T^S$,

従って、 $\sum_j p_{ij}^S = u_i^S$, $\sum_j p_{ji}^S = v_j^S$, $\sum_i u_i^S = \sum_j v_j^S = \sum_S \sum_j p_{ij}^S = 1$ 。

また $P^S = \{p_{ij}^S\}$ とかけば、 $X^S = \{p_{ij}^S\} \cdot T^S = P^S \cdot T^S \quad (6)$

$$X = \sum_S X^S = \sum_S P^S \cdot T^S \quad (7)$$

次にポスト別業務容量を $C_i (i=1, 2, \dots, n)$ としこれをベクトル表として C とする。

$$C = (C_1, C_2, \dots, C_n), \quad C_i = t_i \times m_i \quad (8)$$

ここに、 t_i : ポスト i の人の平均労働時間 (48 時間/日), m_i : ポスト i の人員,

以上のことから、業務を分析し業務 OD 表を作成することにより次のようなことがわかる。

- 1) $x_{ij} (j \neq i)$ によりポスト間の情報交換に要する時間、つまり実際の情報の流れを知る。
- 2) ポスト毎に実際に行なう作業と情報交換に要する時間の比率が求まりポストによりこの比率がどのように変化するかがわかる。情報取扱い率を α_i とすれば、

$$\alpha_i = \frac{Z_i - x_{ii}}{Z_i} = 1 - x_{ii}/Z_i$$

地位が上の入組 α_i が大きくなると思われる。

- 3) 他のポストから受けた命令に対してそのポストから発した命令の比率を知ることができる。

その比率を β_i とすると、

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=i+1}^n x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ji}}$$

4) ポスト毎の作業別仕事量 W_i^r を求める。

$$W_i^r = \sum_j (\sum_{j \neq i} W_{ij}^{sr} + \sum_{j \neq i} W_{ji}^{sr} + W_{ii}^{sr})$$

これより、作業別に機械化等の合理化を行なった場合の仕事量の変化を求め、ポスト別の人員構成を求めることができる。

5) 業務別全仕事量 T^s の構成比率及び量が変化した場合、ポストの増減とさせるべき人員を求めることができる。式(7)により

$$X = \sum_i P^s \cdot T^s$$

P は一定とし、 T^s を与えて X を求める。

式(2)により C_i を求め、 C_i と比較する。

$C_i > C_i$: $C_i = C_i$ とするように入員を減らす。

$C_i < C_i$: $C_i = C_i$ とするように入員を増加させる。

6) 上の方法では、 T^s に比例して C_i^s が増加するとしているが、より正確には業務別全仕事量 T^s の増加に伴うポスト別の仕事 C_i^s の増加の比率を求める必要がある。

$$r_i^s = \frac{\Delta C_i^s}{\Delta T^s}$$

次にこの方法についての問題点をあげると、

- 1) この方法は現在の組織形態を基本としているので組織形態そのものを論じるには不十分である。
- 2) またある期間全体の業務を対象としているが、実際には時期的な変動を考慮する必要がある。
- 3) 作業の順序について PERT 的な考えを入れる必要がある。

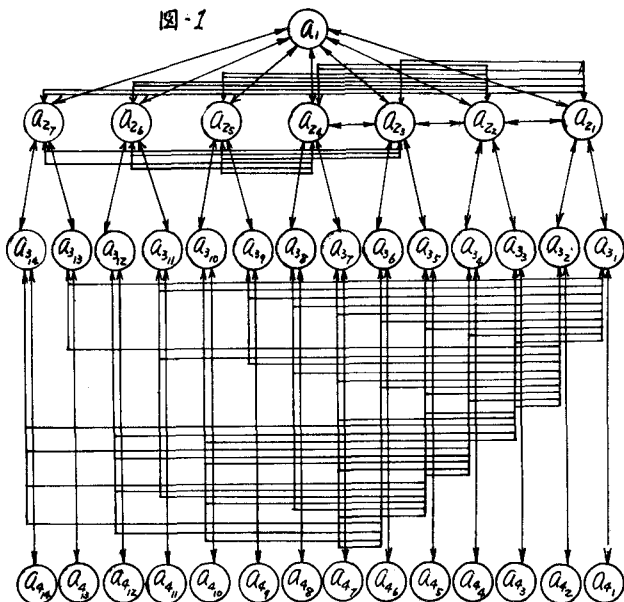
4) 情報交換 ($X_{ij}; j \neq i$) と自分自身の作業 (X_{ii}) の区別を検討する必要がある。

3. むすび

以上述べたように業務 OD 表を作成することにより、種々の業務及び組織の改善のための数値が得られるが、このほかグラフの理論を応用して組織における各地位間の情報伝達に関するネットワークを数学的に表現し、情報伝達量によって各成員の持つ重要性を測定し、また階級組織における地位の測定をし、組織の形、人間関係の調整等を行なうことができると考えられる。

今簡単に 1 例を示すと以下の通りである。グラフの理論における実には地位をあらわす、各地位を連結する方向をもった線て情報の伝達状況を示すこととし、各地位を

図-1



a_1 事務所長

a_2 課長(出張所).....1-庶務, 2-用地, 3-調査, 4-工務, 5-7-出張所

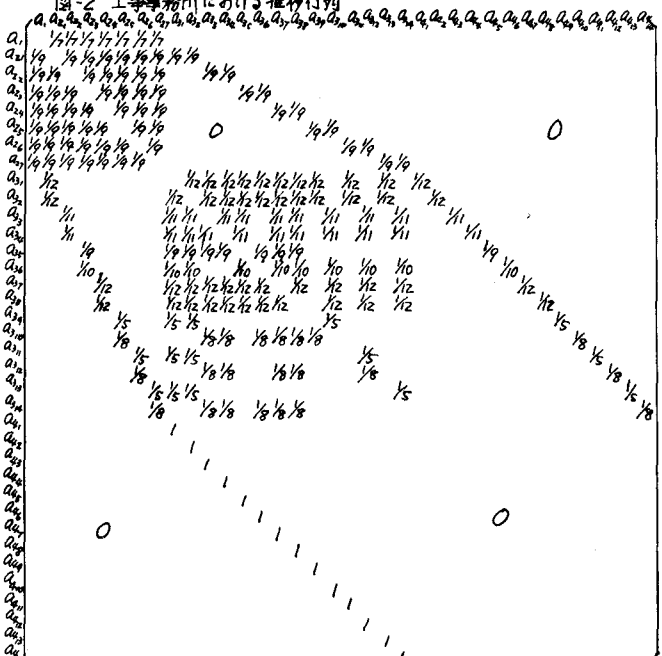
a_3 係長.....1-庶務, 3-用地, 5-計画, 7-設計, 9, 11, 13-事務
2-会計, 4-神機, 6-調査, 8-工務, 10, 12, 14-技術

a_4 担当者

(注) ここでは簡単のため、担当者は1名と仮定した。

$a_1, a_2, \dots, a_n, a_{n+1}, \dots, a_m, a_{m+1}, \dots, a_n$
 は有限固の記号で表わせば、現在
 a_i にある情報が、つぎの過程で a_j
 に伝達される確率は、 p_{ij} で示すこ
 とができ、組織のネットワークに対
 する推移行列 $P=(p_{ij})$ によつて情報
 伝達の推移を表わす。これはグラフ
 理論によるモデルをマルコフ連鎖の
 モデルに拡張したもので組織を構成
 する各人の間の極限において情報の
 行はわれる割合を示すものであり、
 これによつてネットワークのなかの
 各人の持つ重要性を、各人を通る情
 報の量によつて測定する。次の図-2
 は建設省の工事事務所における組織
 にこのモデルをあてはめ、図-1の仮
 定のもとに計算したものである。

図-2 工事事務所における推移行列



(注 余白の元素は 0)

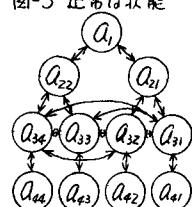
この行列は 1 人から他の 1 人に必ず情報が送られており、ある特定の人によって吸収 (または消滅) されないから、エルゴード的である。したがつて収状態へ行く確率は極限値をもつ。よつて

$$AP=AI \quad \text{ここで、} A=(a_1, a_2, \dots, a_{27}, a_{31}, \dots, a_{34}, a_{41}, \dots, a_{44})$$

$$a_1 + a_{21} + a_{22} + \dots + a_{27} + a_{31} + \dots + a_{34} + a_{41} + \dots + a_{44} = 1$$

なる方程式をとくとこの解ベクトル、 $AI=(\quad)$ は組織における重要性の程度を示すものとみることが出来る。

図-3 正常な状態



状態	a_1	a_{21}	a_{22}	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}
正常	5.9	11.8	11.8	14.7	14.7	14.7	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
a_{22} が不能	10.5	10.5	10.5	13.1	13.1	13.1	5.8	2.6	2.6	2.6	2.6
a_{22} が著しく不能	14.7	14.5	9.2	13.4	13.4	13.4	16.9	2.7	2.7	2.7	2.7
a_{22} と a_{21} が不能	5.0	12.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	2.5	2.5	2.5	2.5
a_{32} と a_{34} が不能	5.6	11.1	11.1	13.9	13.9	13.9	13.9	2.7	2.7	5.6	5.6

これを利用して組織を構成する各人の間に生起する人間関係を調査し、それが組織に与える影響等を検討することが出来る。今図-3 に示すような組織を考へ、表の左欄に掲げるような状態を仮定し、これにより計算すると表の右欄のとおりとなる。この理論は情報の回数のみによつてゐるので、今後は情報の質について考慮するよう因子を研究し、その導入を考へなければならぬことは勿論である。次に各構成員の俸給等を考へて、最小費用で業務が行はれる組織を設計する方法として、LP を利用した方法が考へられる。以上のような諸理論を組合せることにより、合理的な組織の設計及び配員計画を設計することができると考へられる。筆者はこのことから、建設省の地方建設局の本局及び工事事務所における業務を分析し、業務のネットワークを作りそれを標準化して業務の原単位的なものとし、先の理論式に入れて組織をシミュレーションし、合理的な設計を数値的に行はうことを進めている。本報告は、中間的にその考へ方をまとめたものである。