

耐震工事における OR 技法の適用：

グループウェアの実践

山下 茂*，藤巻 みどり*，内藤 洋子*
井内 稔*，坂本 忠明*

(平成2年8月31日受理)

Application of OR Technique to the Planning of Improvement of a Building against Earthquake: An Example of Groupware

by Shigeru YAMASHITA*, Midori FUJIMAKI*, Yohko NAITO*, Minoru IUCHI*, Tadaaki SAKAMOTO*

Abstract

From a viewpoint of computer science, management of a project including both human-work and computer-work, focuses on the development of a good, high-quality, qualified human-computer interface, including its representation, design, implementation, execution, and maintenance. Since we have been familiar with a group work for education and research support, we are interested in human-computer interface.

In this paper, we considered the planning of improvement of a building against earthquake, as an example of such project management. We adopted the PERT technique to support human work, and, word-processors attached to a computer network as human-human as well as human-computer interface.

1. はじめに

グループウェア分野での教育・研究に関する支援は、近年特に注目されている。グループウェアとは、グループにおいて設定された目標に対し、特有の要求を対象として利用されるコンピュータ支援の全体を総称する。グループ作業におけるコンピュータ支援環境である⁰¹⁾⁰²⁾⁰³⁾⁰⁴⁾⁰⁵⁾。この研究のアプローチとしては、計算機に重点をおいたAI技術から派生したコンピュータ支援システムとしての研究と、人間作業に着目したグループダイナミクス等から派生した認知科学研究がある⁰³⁾⁰⁶⁾⁰⁷⁾⁰⁸⁾。いずれのアプローチにもコンピュータ支援ソフトウェアが介在する。このコンピュータ支援ソフトウェアは、アプリケーションソフト同士の相互作用、およびアプリケーションソフトと人間の相互作用、各々をつなぐインタフェースを持つため、ソフトウエアともいわれる⁰¹⁾⁰²⁾。

我々は、常々計算機を用いた教育・研究支援としてのソフトウエアの構築を目標とし、

・人間部：グループ成員とグループ成員以外への支援

・計算機部：アプリケーションソフトとアプリケーションソフト間の支援

を考え、これらをもつ機能を模索し、人間と計算機支援の適切な分離とそれらの間のインタフェースの開発に着目している。そのような研究の実例として、耐震工事の計画・立案の支援環境でのグループウェアの実践を述べる。

グループウェアとしての計算機支援環境は、ワープロと電子メールで、人間作業は、PERT (Program Evaluation and Review Technique)⁰⁹⁾¹⁰⁾を用いる。ワープロと電子メールの結合は、ワープロで生成したデータを通信ソフト `kermit` を用いて、本学科Iコースで所有するVAX11-785上に書き出し、電子メール通信を行った。PERTは、支援作業の最適化のために用いる。

2. グループウェアの対象範囲

計算機支援環境としては、ワープロ(一太郎、花子)と、生成、加工されたデータを配送する電子メールを

* 電子情報工学科, Department of Electrical Engineering & Computer Science

用いる。これより、グループ成員は、現在行っている自らの作業を中断する事なく、自らの判断で、好きな時間に、好きな方法で情報や状況を把握し、さらに他者に情報を提供することができる。しかし、ワープロと電子メールですべての耐震工事計画の支援を行うことはできない。例えば、将来を考慮した室内配置には、多くの人々のアイデアを吸収してレイアウトを設定しなければならないし、そのためのアイデア抽出技法を用いる必要がある。

また、耐震工事支援は、大きく分けて耐震工事にかかるまでの支援（前耐震工事支援）と、耐震工事中、耐震工事後の支援の3種がある。前耐震工事支援は、様々な研究室より要望、要求が提示され、実現可能性を図った上で全体が決定され、工事が施工されるまでを言う。耐震工事中の支援は、それらの要望、要求の実現チェックである。耐震工事後の支援は、前耐震工事支援で考慮内容の総点検と、耐震工事に取り掛かるまでに稼働していた計算機環境、および教育・研究環境を整える。

本研究では、計算機支援環境で実施できる範囲は何か、さらに人間作業として、グループ成員、グループ成員以外で行う作業は何かを把握し、前耐震工事支援でのグループウェアの実践を図る。

3. グループウェアでの作業要素

耐震工事支援作業期間は、作業を依頼された日より実際の耐震工事が始まるまで180日あった。このため、初期戦略として、図1に示すように、大きく3階層を想定し、初期作業階層に約1カ月、中期作業階層に約4カ月、終期作業計画に約1カ月を割り振った。

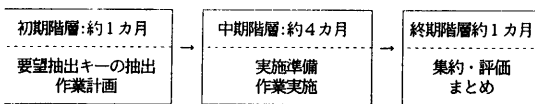


図1. プロジェクト作業概念

グループウェアの目標達成には、作業計画を的確に把握することが第1条件となる。このため、耐震工事の作業計画には、対処箇所に対する要望を抽出するための作業（初期作業）と、それらをいつ、どこで、どの様に集約、展開すべきかの日程計画を練る必要がある。いわゆる戦略決定作業で、初期階層にあたる。この初期作業から作業計画を効率よく策定することがプロジェクトの成功の鍵となる。このとき、計算機支援環境の整備を並列に行う。中期階層は、初期階層で決定された各作業ステップを実行する。終期階層は、それまでの作業の集約である（図1）。

3-1. 初期階層 - PERTの適用

耐震工事に対しては、環境の整備が期待されるとともに、逆に改修による環境の悪化への不安もともなう。このため、適確な作業計画には、耐震工事の対象となる構成員の不安や期待が過剰とならないように、意見交換、情報の供与が必要である。また、効果的な要望抽出作業を行い、重複することなく適切な要望集約作業と綿密な日程計画を策定する必要がある。表1にそのキーを示す。

表1. 要望抽出キー

題 目	技 法	条 件	成 員
A アイディア抽出	フリートーク	内容制限は加えない=評価無し 対象は自由=学内全体に波及	多
B アイディア集約	カテゴリ分類	個人に関するもの 学科に関するもの 共同利用に関するもの 学内に関するもの 大学に関するもの	少
C アイディア評価	フリートーク	重み付け=重点項目の抽出 追加要素の吟味	多
D 具体案の作成	分担作業	概念案の具体化	少
E 具体案吟味	分担者発表 フリートーク	具体案の ¹ もれチェック 概念との照合	中
F 研究室要望集約	対象研究室分担	必要事項の整理・集約	少
G モデル化	分担作業	グループ化可能な箇所の集約	少
H 要望再チェック	フリートーク	モデルのミスの発見・整理	多
I 全体集約	分担作業	要望書作成	少

作業計画を工程計画とみなし、OR技法であるPERTを適用することにより適切な人員、資源配分、データ管理を実施することができる。一般にPERTは、製品の製作作業に対し、一連の計画を効率良く完成させる手順をみつけ、足を引っ張る工程は何かを判断する、評価と管理のための手法である。

このスケジューリング技法を適用するため、PERTでの工程を教育・研究の支援作業とし、製品を要望や案といったデータとみなす。そして教育・研究のための支援作業の効率を高め、品質の向上をねらう。

(1) 要望の抽出キーの選出

構成員の要望を抽出するための要素やキーを選出するのを目標におく。この実現には、経験者2名を含む5名のブレインストーミングを行なった。

(2) 作業計画

ここでの作業は、先に決定された要望抽出キーを実現するための作業計画を立案するブレインストーミングを行なう。このキー（題目）は5種ある。

- ・作業の効率化のための並列化
 - ・グループ成員の配分の均等化
 - ・作業達成時間の予測
 - ・作業の順序関係を求める作業系列
 - ・作業の階層化のためのグループ化
- 結果5段階が求められた(図2)。



図2. 支援作業の流れ

戦略決定作業においては、PERT図を作成しながら評価する。対象選定作業においては、各研究室の要望を抽出し、対象調整作業で、何を対象にするかを抽出する。そのデータを用いて現実に沿うかの評価を行う具体化調整作業を行い、終端ノードに至る。

■戦略決定作業

この作業では、表1の各要求抽出キーでの討議後、出された要望や案などのデータがどの様に受け渡されるか、すなわちデータの前後関係と並列性を考察する。そのとき、支援グループ成員を小グループに分け、それぞれ分担して所要日程を評価する。PERT図の作成には、キーとなるチェックリストを提示し、電子メール通信によって行った。

所要日程は、出来上がったPERT図において最早結合日程EDiを計算してクリチカルパスを求める。この日程は、耐震工事実施に間に合わねなければならない。また、作業遅延が生ずる可能性もあり、最遅結合日程LDiも評価する。

EDiは、

$$EDi = 0$$

$$EDi = \max [EDk + Dki] \quad (i=1,2,3,\dots,13)$$

で計算され、このときのDkiは作業(k,i:k~i)の所要日程である。すなわち、

$$ED1 = 0$$

$$ED2 = \max [ED1 + D1,2] = 14$$

$$ED3 = \max [ED2 + D2,3] = 14 + 2 = 16$$

$$ED4 = \max [ED3 + D3,4, ED2 + D2,4]$$

$$= \max [16 + 0, 14 + 10]$$

$$= 24$$

のように、右辺のmax(最大値)は、作業(k,i)が存在する全てのkについて調べられる。一方、日程から逆算して遅くとも各ノードに達していなければならない限界日程は、LDiで示され、

$$LD13 = ED13$$

$$LDi = \min [LDj - Dij] \quad (j=13,12,11,\dots,1)$$

のように計算される。図3のPERT図にこの結果を示す。

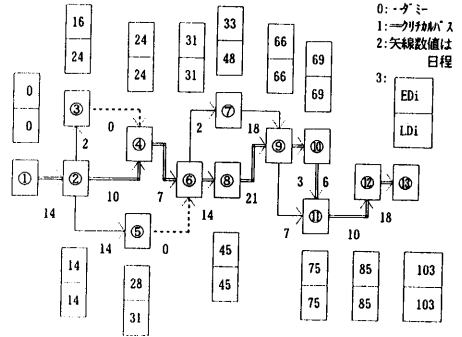


図3. 作業ネットワークにおけるEDi, LDi

次に、各作業の開始日程と終了日程を求める。作業(i,j)の最早開始日程ESij, 最早終了日程EFij, 最遅開始日程LSij, 最遅終了日程LFijは、

$$ESij = EDi$$

$$EFij = EDi + Dij$$

$$LSij = LDj - Dij$$

$$LFij = LDj$$

のように計算される。また、作業期間に影響することなく、作業を遅らせうる日程をも評価しておく必要がある。これは、全余裕日程TFijと、自由余裕日程FFij

$$TFij = LSij - ESij = LFij - EFij$$

$$FFij = EDj - EFij$$

を計算することによってわかる。全余裕日程がまったくないものがクリチカルパスで、作業期間は、この系列の長さにより決定される。したがって作業期間を抑えるには、クリチカルパスに沿って作業の所要日数を短縮したり、直列につながっている作業の一部を並列化する必要がある。実際には、各作業の実施日程は、最早と最遅の両限界内で決定されねばならないために4回程、計画の練り直しを行った。

表2. 日程計画に関する特性表

※はクリチカルパス

(i,j)	所要 日数	最早日程		最遅日程		余裕日程		作業内容
		ES	EF	LS	LF	TF	FF	
(1,2)	14	0	14	0	14	0	0	※戦略決定作業
(2,3)	2	14	16	22	24	8	0	近未来対象
(2,4)	10	14	24	14	24	0	0	※現状対象
(2,5)	14	14	28	17	31	3	0	過去の経験
(3,4)	0	16	16	24	24	8	8	ゲーム1
(4,6)	7	24	31	24	31	0	0	※総合・評価
(5,6)	0	28	28	31	31	3	3	ゲーム2
(6,7)	2	31	33	46	48	15	0	調整
(6,8)	14	31	45	31	45	0	0	※修正
(7,9)	18	33	51	48	66	15	15	対処
(8,9)	21	45	66	45	66	0	0	※要望抽出
(9,10)	3	66	69	66	69	0	0	※妥協
(9,11)	7	66	73	68	75	2	2	調整
(10,11)	6	69	75	69	75	0	0	※伝達
(11,12)	10	75	85	75	85	0	0	※要望
(12,13)	18	85	103	85	103	0	0	※集約

■対象選定作業

対象選定作業は、表 1 に示した要望抽出キーの A アイディア抽出に当り、3 種の作業を行う。アイディアは、提起された案の集まりとすると、複数の案から構成されるため、一つひとつの案を A_{nm} と見出しを付ける。一つの案は、案の内部に部分的な要素 $a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nm}$ から構成される。当作業は、この案を抽出し、案の集まり、アイディアとしてまとめて今後検索しやすいよう見出しをつける。

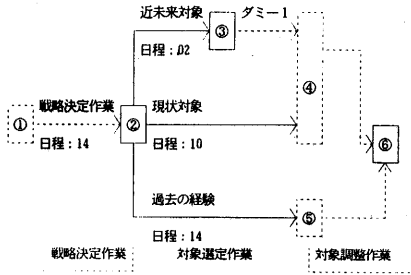


図 4. 対象選定作業

- ・ (2, 3) : 近未来対象の要望抽出作業

近い将来の教育・研究環境を考慮した要望を抽出し、アイディアとしてまとめる。

- ・ (2, 4) : 現状対象の要望抽出作業

現状維持を主とする要望を抽出し、アイディアとしてまとめる。

- ・ (2, 5) : 過去の経験のまとめ作業

過去の経験による改善点を抽出するとともに工事発注者(施設課, 工学部会計係)へ対応, 対処方法をまとめる。

これらの作業は、各々並列(重複箇所があってもかまわない)に実施し、各作業で抽出されたアイディアは、次の対象調整作業で整理される(図 4)。

■対象調整作業

対象調整作業は、表 1 の B アイディア集約, C アイ

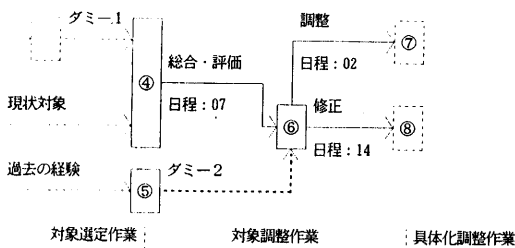


図 5. 対象調整作業

- ・ (4, 6) : 総合・評価作業

前作業の対象選定作業で抽出した近い将来を対象にしたアイディアと、現状を対象としたアイディ

アを各々をまとめて総合し、その評価を行う。総合は、対象選定作業でまとめられた案をカテゴリ別に分類してまとめる。評価は、このカテゴリの一つひとつに対し、重点項目として順序付けを行うための重み付け、さらに前作業(対象選定作業)以後に気づいた案を追加するか等の評価である。

- ・ (6, 7) : 調整作業

総合・評価作業のデータを用いて、案の部分的な調整が可能であるかを、案に対応した構成員に対しアンケートで調べ、その内容をまとめる。またこのヒントとして(5, 6)での過去の経験のまとめの内容から対応する箇所を抜き出し、ともに提示する。

- ・ (6, 8) : 修正作業

調整作業と並列に、案全体にかかる修正(例えば代替案)作業を行う。この作業は、今までに集約されたアイディアの中で、実現上問題となる箇所の選出と、それに対する修正案をまとめる作業を行う。

■具体化調整作業

具体化調整作業は、表 1 の D から I までに関係する。

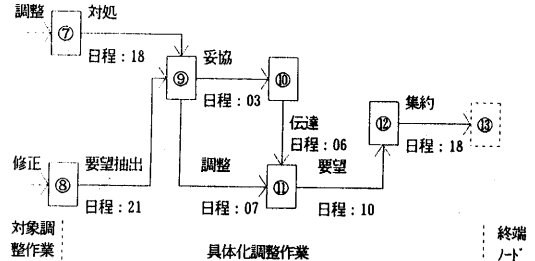


図 6. 具体化調整作業

- ・ (7, 9) : 対処作業

前作業の対象調整作業でまとめられた調整データに対してどのように対処すべきかを、工事発注者および構成員に対してまとめる。

- ・ (8, 9) : 要望抽出作業

修正データとしてまとめられた案を、対応する構成員から再度要望としてまとめる。

- ・ (9, 10) : 妥協作業

対処作業, 要望抽出作業でまとめられた案それぞれに対し、対象選定作業で抽出された過去の経験をヒントに、妥協できる要素をまとめる作業を行う。この作業は、構成員各々が妥協する点で、妥協経緯がはっきりわかるよう文書化するため、電子メールによる討議方法を用い、すべての討議記録(電子メールの内容)をとる。

- ・ (9. 11) : 調整作業
 妥協作業と並列に今まで集約されたアイデア、および工事発注者、構成員への対処方法で、見落とし等問題があるか、調整すべき箇所があるかを調べる。これには、過去の経験者を含めたグループディスカッションを行う。
- ・ (10. 11) : 伝達作業
 この作業の前の作業は、電子メール通信で行われるため、構成員に対し通信内容の概要と、妥協結果を通知する作業と、案の対象となる研究室に通知する作業を行う。
- ・ (11. 12) : 要望作業
 全体的にまとめられた将来構想、現状維持を主とする構想各々に対し、集団討議で抽出できなかった構成員の本音を聞くとともに再度要望を抽出する。
- ・ (12. 13) : 集約作業
 集約作業は、今まで討議された内容、およびアイデアを対象調整作業で行ったカテゴリ別に集約する。

2-2. 中期階層

中期階層では、初期階層で計画された作業日程を実施する。準備はクリチカルパス上のノードに日程を当てはめる。それ以外のノードには、余裕日程を考慮しながらおおよその日程を割り振る。また、作業上で予測される論点等を集約し、参考にできるように添付する。さらに議論を行なう上での討議参加人員の選定と、討議リーダー、サポートを決める。支援リーダーは、必ずクリチカルパス上の作業に参入する。これは、すべての作業状況、作業結果を把握し、作業の遂行を確実にするためである。言いかえると並列な作業を通過するデータは、必ずクリチカルパスに到達するため、支援リーダーがクリチカルパス上での討議に参入することで、常に全体を把握できる。

作業の実施は、要望抽出キーの指針に沿った討議である。このとき、討議に参加できなかった構成員のために暫定的な討議報告を行う。この報告を受けた成員は、必ず自らの意見を文書によって提示する。この報告を含めて電子メールで案をグループ成員に渡す。グループ成員は、受けたデータの問題点、不明点を整理し、理由を添付して支援リーダーに電子メール送信を行なう。支援リーダーはこれらの点をまとめ、各作業の討議リーダーに問うことで問題解決を図り、作業ごとに完結させて次の作業工程に渡す(図7)。

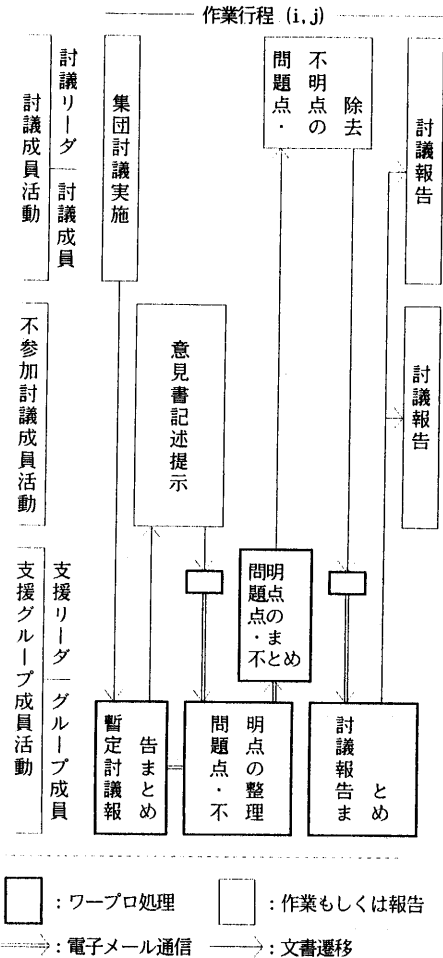


図7. 各作業工程の実施遷移

3-3. 終期階層

この階層では、今まで行われた各作業についての集約、評価を行う。さらに今後同様の作業が行われる場合の参考資料として整理する。

4. おわりに

グループウェアでの研究は、近年特に注目されている。一方PERTでの行程管理は30数年の歴史があるが、この両者の融合は現在少なく、さらに実用化を指向したものは極めて少ない⁽³⁾⁽⁴⁾。

本研究は、教育・研究の支援作業として、耐震工事を対象にグループウェアの実用化を策定、および実行した。その結果、クリチカルパス上に支援リーダーをおくことで常に全体の状況を把握でき、各研究室、学生等の質問に常に答えられた。また、戦略決定作業で、

過去の経験からの作業項目の抽出と、過去の経験と異なる作業項目を抽出する2点でPERT図を構成し、それにもとづく作業日程計画は、実際の作業経緯と一致し、適確であった。さらに、電子メールを用いた作業工程の実施は、必ず文書に残った点で、口頭での曖昧さや一過性が避けられ、支援グループ全員が共通の情報を持たた。以上は評価できる。

しかし、電子メールの操作性の悪さにより通信時間がかかり、支援グループの自らの仕事が中断することが多くあったため、今後電子メールの操作のインタフェースの構築が必要である。また、建物内部のレイアウト等に手書き、もしくはワープロ「花子」を用いていた。手書きに関しては、定規等を用いグラフ用紙に書き込むため、定規の歪み、グラフ用紙の大きさの制限や目盛りが1mmのために縮小図での誤差が大きく、思う通りに描ききれなかった。ワープロ「花子」に関しては、電子メールの操作と同様に操作性が悪く、特に時間がかかった。このためコンピュータの支援環境として、適確な図面を提供できる等のソフトウェアをグループウェアの要素として考慮する必要がある。さらに、コンピュータでの全体支援として、グループ成員の予定を管理するソフトウェアが必要である。これにより、仕事の粗密を除去できる点とともに、自らの仕事の適確な配分をも可能となる。

また、ORやグループウェアに関する学習機会が勤務時間中に行えず、支援グループの私的時間を多く費やした点で今後の対策が必要である。

参考文献

- 01) Johansen, R. 著, 合津泉訳: グループウェア, 日経B P, 1990.
- 02) DeMarco, T. and Lister, T. 著, 日立ソフトウェアエンジニアリング生産性研究会訳: ビーブルウェア, 日経B P, 1989.
- 03) Shneiderman, B. 著, 東基衛, 井関治訳: ユーザーインタフェースの設計, 日経B P, 1989.
- 04) 石井裕: グループウェア技術の研究動向, 情報処理学会誌, Vol. 30, No. 12, pp. 1502-1508, 1989.
- 05) Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D. G., Kahn, K., Lanning, S. and Suchman, L.: Beyond the chalkboard: Computer support for collaboration and problem solving in meetings, Communication of the ACM, Vol. 30, No. 1, pp. 32-47, 1987.
- 06) Maritin, J., McClure, C. 國友義久, 渡辺純一訳: ソフトウェア構造化技法, 近代科学社, 1986.
- 07) 榎木義一, 河村和彦編: 参加型システムズ・アプローチ, 日刊工業新聞, 1981.
- 08) 阿草清滋, 大草豊: ソフトウェア工学ハンドブック: 要求分析とその仕様化技法, オーム社, pp. 33-50, 1986.
- 09) 刀根薫: オペレーションズ・リサーチ読本, 日本評論社, 1984.
- 10) 宮代彰一: 科学と実験: その考え方と進め方, 日本放送出版協会, 1989.