日程と費用の曖昧さを考慮した 工程管理マネジメントの研究

斎久工業　○楠美　剛史*
信州大学大学院　佐々木　敦司**
信州大学工学部　小山　健***
by Takeshi Kusumi, Atushi Sasakı, ken koyama

建設工事のスケジューリング問題の解析には，代表的な手法としてPERT，CPMがあるが，それらによる工程計画では，実際の建設工事への適用は難しく，計画通りにいかないケースが多々ある．原因としては，建設工事の作業日数，費用は，自然状態，現場環境などに影響を受け，またそのもの自体が曖昧さを含んでいることが挙げられる．近年，実際の建設工事に適用できるよう，それら要素をメンバシップ関数で表現し，曖昧さを考慮したPERT，CPMに関する研究が考えられている．本研究では，従来の研究に対し改良を加えて，曖昧な状況下でできるだけ実際に即した全体工期，費用の推定を試みた．具体的には，より実際の状況を反映できるようなメンバシップ関数の設定，それに伴うPERT，CPMの拡張を行なった．その結果，求められる全体工期，費用に対しての，メンバシップ値の状況，信頼性を考慮した解釈を与えた．
【キーワード】ネットワーク問題，メンバシップ関数，工程計画，費用計画

1. はじめに

建設工事においての工程，費用，人員の計画，管理，機材の利用などのスケジューリング問題の解析には，代表的な手法としてPERT，CPMなどが用いられてきた[1)2)]．しかし，それらによる理論上の工程計画では，実際の建設工事への適用は難しく，計画通りにいかないケースが多々あるのが現状である．実際，建設工事に携わっている方々からも敬遠されがちである．この原因として，建設工事においての作業日数，費用は，そのもの自体が曖昧さを含んでいる上に，そのほか自然状態，現場環境などに影響を受けることからも曖昧なものであるから，計画の見誤りが生じることが挙げられる．この問題点を解消するべく，本研究では，要素の曖昧さの表現にファジィシステムを用いて，スケジューリング問題へ適用した．これにより曖昧な状況下で，できるだけ現実味のある，見誤りの少ない工程，費用の推測を試みた．

具体的にはプロジェクトのネットワーク図における各作業から，問題にする要素として工期と費用を取り上げる．その工期，費用の表現に，それらに含まれる工期短縮の起こりうる確からしさの度合いや,その不確かさ,短縮費用自体がもつ曖昧さなど，各作業の状況を反映した形のメンバシップ関数を用いる．そしてそれらを，メンバシップ値の概念を考慮できるよう拡張したPERT，CPMにより計算し，プロジェクト全体の工期や費用の推測を行なった．

これにより，工期に関しては，作業短縮の不確かさを考慮した，実現性のある工期日程の範囲の推測を，同時に費用に関しても，プロジェクトの状況によるメンバシップ値がもつ信頼性や，短縮費用の曖

*斎久工業（株）　tel.03(3688)1142
**信州大学大学院・博前　tel.026(269)5283
***社会開発工学科 tel.026(269)5281 fax (223)4480

昧さを考慮した，見込まれる費用幅による推測を行なった．

2. 工期メンバシップ関数

多くの場合，メンバシップ値は曖昧さの尺度として考えられ，1 から 0 に近づくにつれて，曖昧な事象であると捉えられる．この場合，一般にメンバシップ関数形としては三角形や台形で，その作業日数の曖昧さが表現される[3)~5)]．

しかし本研究では，メンバシップ値の考え方を，「標準作業日数に対して，日数短縮が起こりうる確からしさの度合い」とした．これにより「メンバシップ値 r が 1 から 0 に近づく」ということは，「日数短縮の確からしさの度合いが小さくなる（または不確かになる)」という解釈になる．ここである作業を例として，工期のメンバシップ関数について説明する．まず，通常の CPM 計算における作業日数の考え方を，メンバシップ関数に表わしたものを図 1 に示す．確実に作業日数が，標準日数 10 日から 9 日にでも，最短日数である 8 日にでも短縮でき，その際の不確かさの度合いは全く考慮されていない．

次に，作業日数の短縮に関してメンバシップ値 r が 1 値で決まる場合の，工期のメンバシップ関数を図 2 に示す．この例では，1 日短縮の確からしさの度合いが 0.8 で，比較的短縮の確実性が高く，2 日短縮は度合いが 0.5 である．このように，短縮度合いを考えることで，図 1 の灰色の確定部分に比べて，現実味のない範囲が除かれた形になっている．また，同じ 1 日短縮でも，10 日から 9 日に短縮するよりも，割合的にみて 9 日から 8 日への短縮のほうが難しいということもいえる．このことをあらわすために図 2 では同じ 1 日短縮でも曖昧さの度合いをそれぞれ 0.2 から 0.3 へと大きくした．

また，r が 1 値で決められず，不確かさを考慮した方がよいと考えられる場合の状況を図 3 に示す．図 2 では 0.8 であった 1 日短縮の度合いが 0.9～0.7 となり，0.5 であった 2 日短縮の度合いが 0.6～0.3 となっている．この区間が短縮度合いの不確かさにあたる．このような不確かさによって，図 2 に比べてさらに確定部分が減り，その分不確定部分（斜線部分）が生じる．

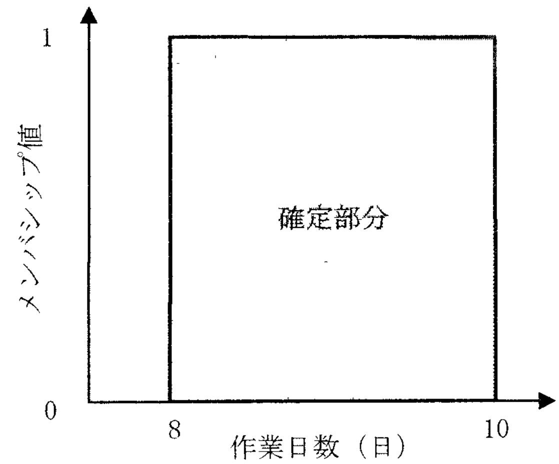

図１　ＣＰＭの工期メンバシップ関数

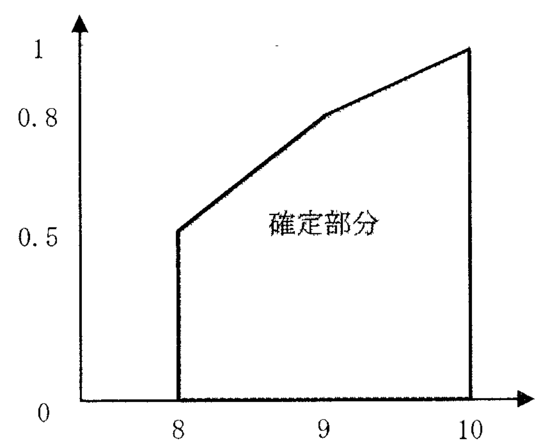

図２　短縮度合いが１値の工期メンバシップ関数

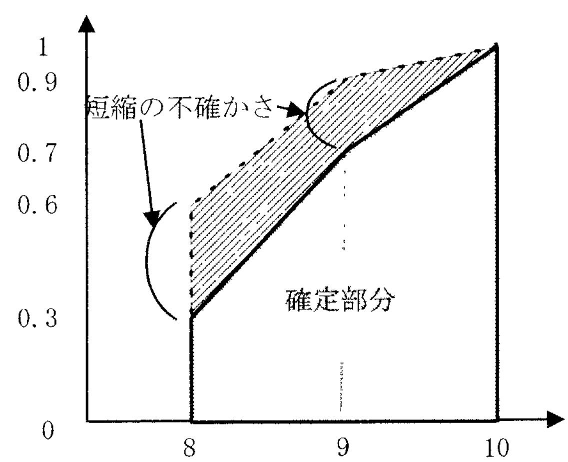

図３　短縮度合いに不確かさがある工期メンバシップ関数

従来の一般的なメンバシップ関数形や，曖昧さの考え方[5)~9)]ではなく，以上のような，工期メンバシップ関数の考え方を用いた利点を以下に挙げる．

①．実際，各作業の状況は，三角形などの一般的なメンバシップ関数形では表現しきれないが，この考え方では，日数による短縮度合いを考慮でき，「1日短縮は簡単だが2日短縮は難しい」といったような状況を反映できる．

②．従来のメンバシップ関数形では，任意のメンバシップ値に対して，ある1つの日数の幅を考慮するというものだが，この考え方では，短縮の不確かさにより，1値のメンバシップ値に対して，複数の日数の幅を考慮することができる．これにより，日数の幅を大きくとることで，作業日数の曖昧さを包含するという必要がなくなる．

また，図 1～3 を数値による表にしたものを表 1 に示す．以下，このような表で各作業の工期メンバシップ関数を表わすことにする．

表 1 工期メンバシップ関数の例

作業	標準日数（日）	最短日数（日）	1日短縮度合い	2日短縮度合い
図1	10	8	1	1
図2	10	8	0.8	0.5
図3	10	8	0.9～0.7	0.6～0.3

3. 費用メンバシップ関数

まず，本研究で取り扱う費用の考え方について述べる．費用は直接費と間接費の2種類に分けられ，直接費は各作業ごとにかかるもの，例えば労務費，機械使用費，資材費などで，間接費は工期全体にかかるもの，例えば燃料費，管理費などである．ここで，工期を短縮するためには，各作業について作業機械の稼働率増加，台数の増設，高価な材料，超過労務などの手段が必要であり，それに伴って直接費は増大する．また，間接費は工期短縮に伴い減少するものであり，多くの場合，工期と間接費の関係は直線で近似できる．例として[1)]，全体工期に対する直接費の関係を図4に，間接費の関係を図5にそれぞれ示す．

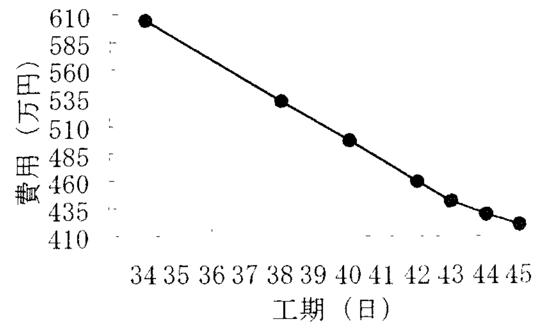

図4 全体工期に対する直接費の例

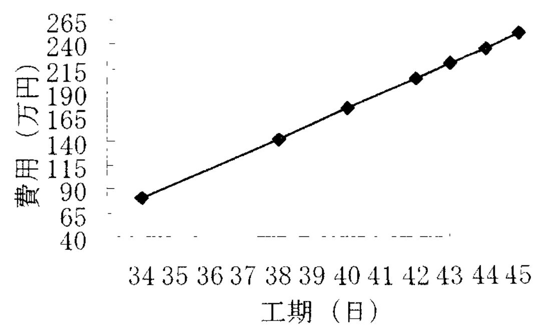

図5 全体工期に対する間接費の例

本研究では各作業の曖昧さ（メンバシップ関数）

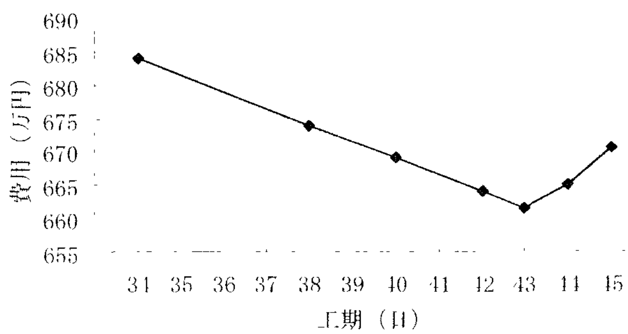

図6 合計費の例

を考慮した PERT，CPM により直接費（図4）を求め，それに間接費（図5）を加えた合計費（図 6）について比較，検討していくことにした．

次に費用メンバシップ関数について説明する．メ

ンバシップ値は，日数短縮の確からしさの度合いなので，上述のように工期メンバシップ関数が決定できれば，基本的には，費用メンバシップ関数は自動的に確定する．例として，図３のようにメンバシップ値に不確かさがあるような状況の場合の工期メンバシップ関数に対応する，費用メンバシップ関数の例を図７に示す．

この作業を標準日数 10 日で行なった場合は，基本費用として 50 万円かかる．基本費用とは，工期を短縮してもその作業を行なうためには，必ずある一定の金額はかかり，その一定の金額のことである．言い換えると，その作業を標準日数で行なったときの標準費用である．図７によると，１日短縮，２日短縮のメンバシップ値に変化はなく，費用はそれぞれ 60，70 万円となる．

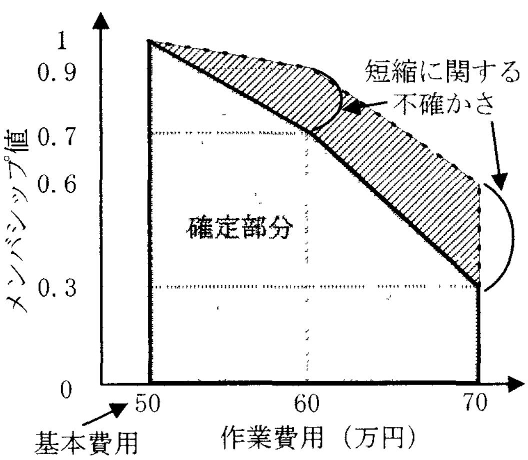

図7 図3に示す工期メンバシップ関数の費用メンバシップ関数

さらに費用に関しては，工期短縮における短縮費用自体の曖昧さを考慮する．現実問題として，「1 日短縮あたりの増加費用が，確実なある 1 値では決められず，例えば 9～11 万かかるかもしれない」という状況は十分に考えられることで，このような費用の幅を考慮して，メンバシップ関数にしたものを図８に示す．

基本費用は変わらず，1 日短縮における費用が 59～61 万円，2 日短縮における費用が 68～72 万円であることを示している．また，図７に比べ更に確定部分が減り，日数短縮の不確かさに加えて，短縮費用自体の曖昧さを表わす斜線部分が生じている．

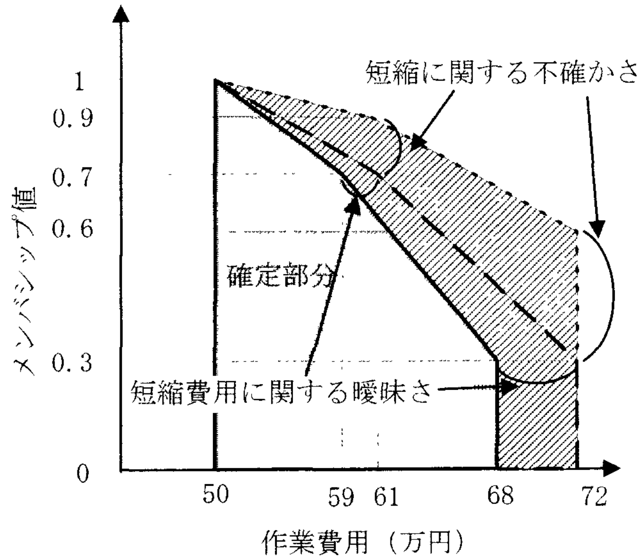

図8 図7に対してさらに費用自体の曖昧さを考慮した費用メンバシップ関数

以上のような，費用メンバシップ関数の考え方を用いた利点を以下に挙げる．

①．実際，各作業の状況は，三角形などの一般的なメンバシップ関数形では表現しきれないが，この考え方では，日数短縮による費用の変化を考慮でき，「1 日短縮にかかる費用は安いが，2 日短縮にかかる費用は高い」といったような状況を反映できる．

②．従来のメンバシップ関数形では，任意のメンバシップ値に対して，ある１つの費用の幅を考慮するというものだが，この考え方では，短縮の不確かさや，短縮費用自体の曖昧さにより，1 値のメンバシップ値に対して，複数の費用の幅を考慮することができる．これにより費用の幅を大きくとって，曖昧さを包含するという必要がなくなる．また作業日数に関係なく，独立して短縮費用自体の曖昧さを考慮にいれることができる．

また，図７～８を数値による表にしたものを表 2 に示す．以下，このような表で各作業の費用メンバシップ関数を表わすことにする．

表 2 費用メンバシップ関数の例

作業	基本費用（万円）	1 日短縮費用（万円）	2 日短縮費用（万円）
図 7	50	10	20
図 8	50	9～11	18～22

4．計算例

以上より，各作業の工期，費用のメンバシップ関数を用いて実際に，曖昧さを考慮した PERT，CPM を行なう訳だが，まず本研究で取り扱う簡単な作業ネットワークを図 9 に示す[1]．

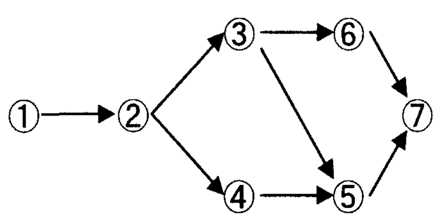

図 9　ネットワーク図

次に，各作業の状況を考慮した工期，費用のメンバシップ関数を表 3，表 4 に示す．ここでは，各作業の状況，曖昧さを仮想して，メンバシップ関数は任意に与えることにした．

表 3 各作業の工期メンバシップ関数

作業	標準日数	短縮日数	1日短縮度合い	2日	3日	4日	5日	6日	7日以降
1-2	5	5	―						
2-3	10	8	0.9~0.8	0.6~0.4					
2-4	5	3	0.7	0.4					
3-5	10	3	0.9	0.8	0.7	0.5~0.4	0.3~0.2	0.1~0	
3-6	8	4	1~0.8	0.8~0.6	0.5~0.3	0.2~0			
4-5	14	7	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
5-7	20	10	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
6-7	21	17	0.9	0.6	0.5	0.2			

表 4 各作業の費用メンバシップ関数

作業	基本費用（万円）	1日短縮費用	2日	3日	4日	5日	6日	7日以降
1-2	10	―						
2-3	80	12	24					
2-4	90	8	16					
3-5	60	10	20	30	40	50	60	
3-6	50	8~10	16~20	24~30	32~40			
4-5	30	6	12	18	24	30	36	42
5-7	60	8~10	16~20	24~30	32~40	40~50	48~60	56~70
6-7	40	10	20	30	40			

各作業状況をふまえて，メンバシップ関数を作成する際の注意点としては，まずできるだけ忠実に，その作業の状況を表わせているようなメンバシップ関数を作成することと，また，作業状況を表わす絶対的な指標となるものはないので，工程管理の計画者側が，プロジェクトの各作業間の相対的な関係を捉えて，メンバシップ関数に反映する必要があることが挙げられる．

ここで曖昧さを考慮した PERT の計算フローを図 10 に示す．以下，この計算手順の概略を説明する．

［手順 1］

プロジェクトのネットワーク図を作成し，各作業の状況を考慮した工期，費用メンバシップ関数を決定する．

［手順 2］

メンバシップ関数に対して，α カット[4][10]を行なうメンバシップ値の刻み Δr を決定する．これは Δr の値を小さくすればするほど，メンバシップ関数を細かく α カットすることになり，緻密な計算を行なうことができる．これは計画者側の意図で決定すればよい．

［手順 3］

メンバシップ値 r＝1.0 から，r に対応する各作業の工期 D_{ij}，費用 M_{ij} を読む．ネットワーク上の始点が i，終点が j である．

［手順 4］

PERT 計算を行なう．全体工期 λ，各作業工期 D^*_{ij}，またそれにかかる直接費用 C*(r=1.0

で基本費用）を出力する．この際，全体工期 λ_r（あるメンバシップ値 r に対する λ）が，λ に対して短い場合のみ，工期 D_{ij} を短縮させる意味がある（λ が変わらないのに，作業日数を短縮することは費用の無駄）ので，λ を更新し，そのときの C*，D^*_{ij} とともに出力する．この意味としては，各作業の D_{ij} の短縮に伴う M_{ij} の増加によって C が増加されていくとき「λ が変化していない」,「経路によってλより短い経路がある」といった場合には，作業が無駄に短縮されて M_{ij} が C に加算されていないか，同じλでも，どの経路の作業を短縮させれば C が少なくてすむか，といった検討をしなければならないということである．

［手順５］

r を刻みΔr だけ引き，手順３に戻る． r =0 で終了．

このフローによる計算の問題点としては，D_{ij}, M_{ij} を読み込む際に，不確かさの範囲の 1 つを読み込み，それに対して計算を行ない結果を記憶し，次に範囲内の他の 1 つを決めて，計算して結果を比較するといったように，繰り返し計算によって計算量が膨大になることが挙げられる．しかし，全体工期に関しては，各作業の短縮度合い r の最も大きい組み合わせと小さい組み合わせの結果に包含されるし，全体工期に対する直接費に関しては，結果的に各作業の工期短縮の順序に依存することから，短縮順序の異なる組み合わせのうち，費用が最も少ない組み合わせの短縮順序を採用して，全体工期に対する直接費にすればよい．

ここで計算結果として，メンバシップ値 r に対する全体工期の関係を図 11 に，このプロジェクトの全体工期と間接費の関係は図５を用い，それによる全体工期に対する合計費の関係を図 12 にそれぞれ示す．本研究では，メンバシップ値の刻みを 0.1 として計算を行なった．

まず，図 11 については，短縮の度合いに不確かさがあることから，最もメン

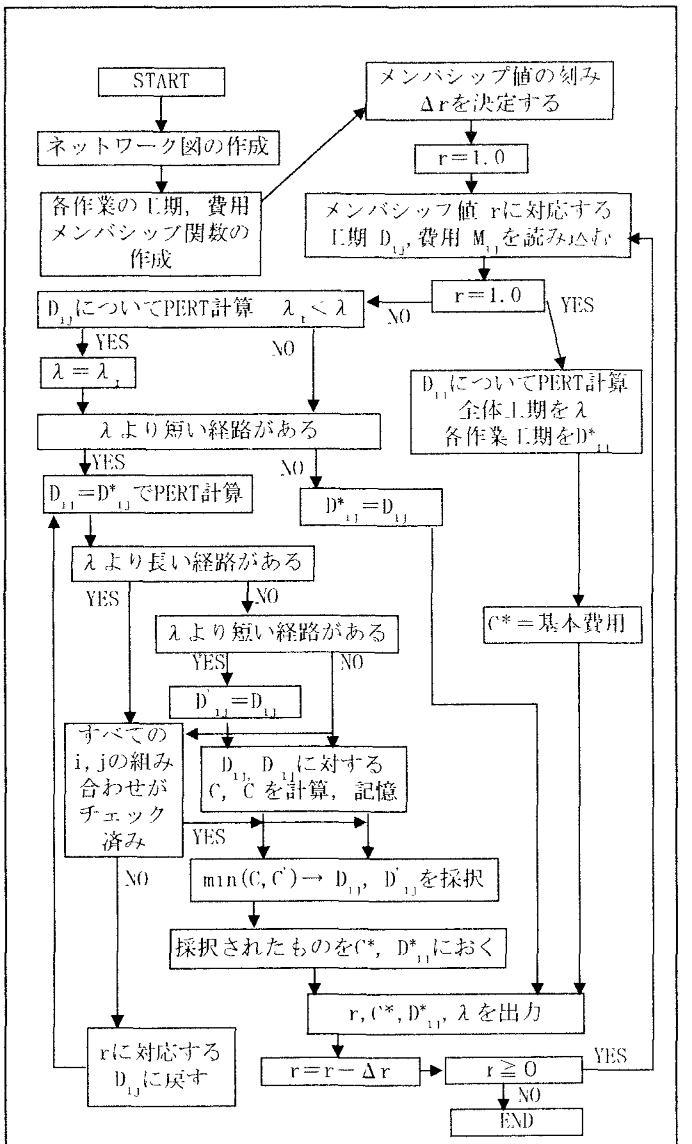

図 10 曖昧さを考慮した PERT 計算フロー

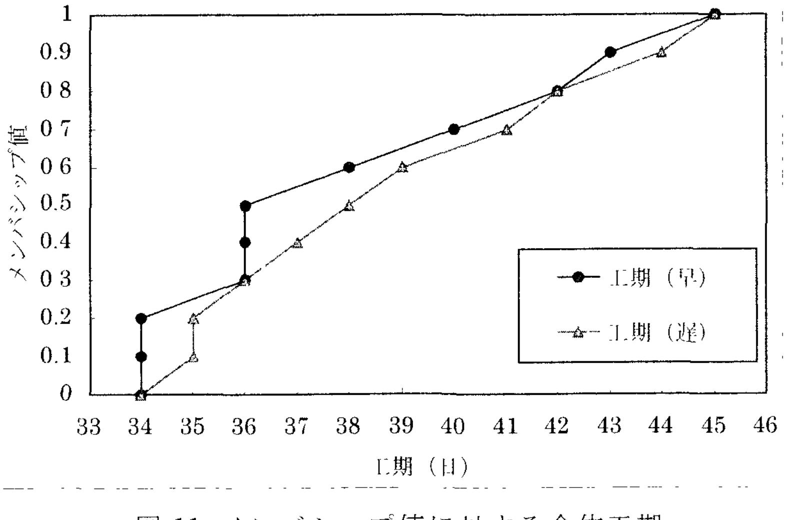

図 11 メンバシップ値に対する全体工期

バシップ値の大きい段階で各作業が短縮を行なっていくものを工期（早），その逆を工期（遅）と表わした．これより短縮度合いの不確かさが，どの値をとっても必ずこの2曲線の間に入る．例えばメンバシップ値 0.5 の場合，工期 36～38 日の可能性があるといったように，各作業の状況を反映した上での，区間による全体工期の推測を行なうことができる．

なお，図 12 については，合計費の max, min を比較すると 42 日までは同じであるが，それ以降おおまかに2つの幅が広がっていることが分かる．これは作業短縮の不確かさや短縮費用の曖昧さを考慮すると，メンバシップ値が少なくなるにつれ，起こりうる可能性のパターンが増えるので，それに伴い合計費の幅が広くなるということを意味している．

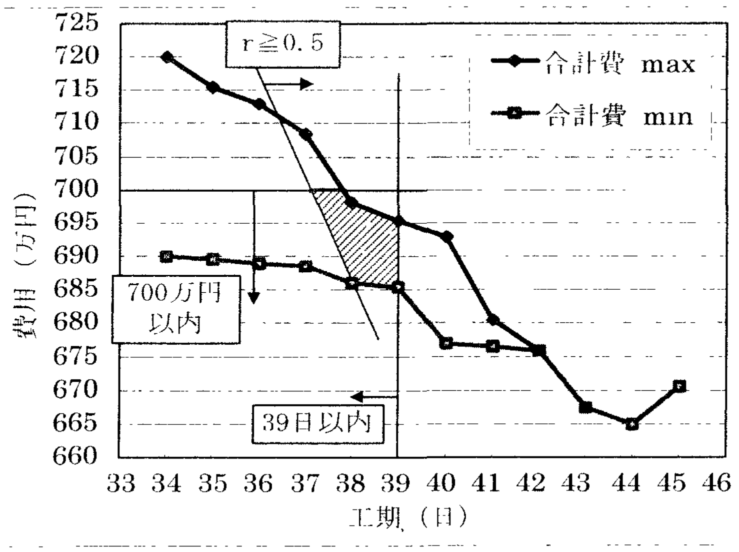

図 12 全体工期と合計費

この全体工期と合計費のグラフは，図 10 の計算フローから解釈すると，全体工期に対する費用見積りの確実な上限として捉えることができ，その費用上限自体が幅をもつことになる．この幅の考え方は，原因である各作業の曖昧さを，全く未知の事象と考えるならば,安全のために合計費 max を費用上限にすればよい．例えばこのプロジェクトの制限として「メンバシップ値 r≧0.5」,「工期 39 日以内」,「費用 700 万円以内」があった場合，それらを満たす区間は図 12 の斜線部分である．可能性のある工期は 38～39 日で,最も費用がかかる場合を見積もるなら max の 698～695.5 万円となるように，曖昧さを考慮して全体工期に対する費用上限の区間推定を行なうことができる．

ここで，全体の工程管理を行なうためには各工期日数に対して，考えられる最少の費用に関しても把握する必要がある．これはメンバシップ値の制限内で CPM を行なうことに他ならない．計算フローは省略して，手順について説明する．

［手順1，2は先ほどと同様］

［手順3］

メンバシップ値の制限値である r に対応する,各作業の工期 D_{ij}, 費用 M_{ij} を読む．

［手順4］

CPM 計算を行なう．全体工期 λ，各作業工期 D^*_{ij}, またそれにかかる直接費用 C* を出力する．

［手順5］

この際，すべての i j の組合せについてチェック済みなら終了．そうでなければ手順3に戻る．

これについても計算の問題点としては，繰り返し計算によって計算量が膨大になることが挙げられる．しかし，全体工期に対する直接費に関しては，曖昧さから生じる短縮費用の幅のうち，結果的には最大のものと最小のものに包含される．

以上より，先の制限より「メンバシップ値 r≧0.5」を考えた場合の，全体工期に対する合計費の下限を求める．計算結果を図 13 に示す．

図 13 から，「r≧0.5」の制限内で各全体工期に対する合計費の下限値の max と min を求めることができる．区間内の曲線は，各作業の曖昧さを考慮した場合の，起こりうる可能性のある曲線を示している．図中の斜線部分と網掛け部分について斜線部分は，「r≧0.5」の全体工期に対して，必ず起こりうる 45～38 日のことなので確定部分とみなす．また，必ずしも全体工期 37，36 日までは短縮できるかどうか分からないので，網掛け部分は工程管理上，不確定なものであるが，「r≧0.5」で 37，36 日と短縮で

きるならば，合計費は網掛け部分に収まることになる．また，各作業状況が「r≧0.5」までの短縮が確実に起こると考えられる場合は，短縮の度合いを考える必要がないので，合計費 max がとりうる費用の上限値，合計費 min が下限値と考えればよい．

以上より，費用のとりうる上限，下限を求めたが，これを合成することにより，全体工期に対して可能性のある合計費が区間で求められる．「r≧0.5」の制限の下，図 12 の「r≧0.5」の部分と，図 13 を合成したものを図 14 に示す．ここでは曖昧さを意図的なものではなく，未知のものと考え安全のため，図 12 の費用上限の max と，図 13 の費用下限の min で包含した区間を，とりうる可能性のある費用区間とみなす．これは，「r≧0.5」という制限に対して，費用上限は r に確証がないため安全に見積もったもので，下限値は r の確証に関係なく，考えられる最も少ない費用を見積もったものだと解釈できる．

また，前述の各種制限「r≧0.5」，「工期 39 日以内」，「費用 700 万円以内」を考えた場合，制限内または制限付近の全体工期，最小費用，r の確証（信頼性）による最大費用を表 5 に示す．

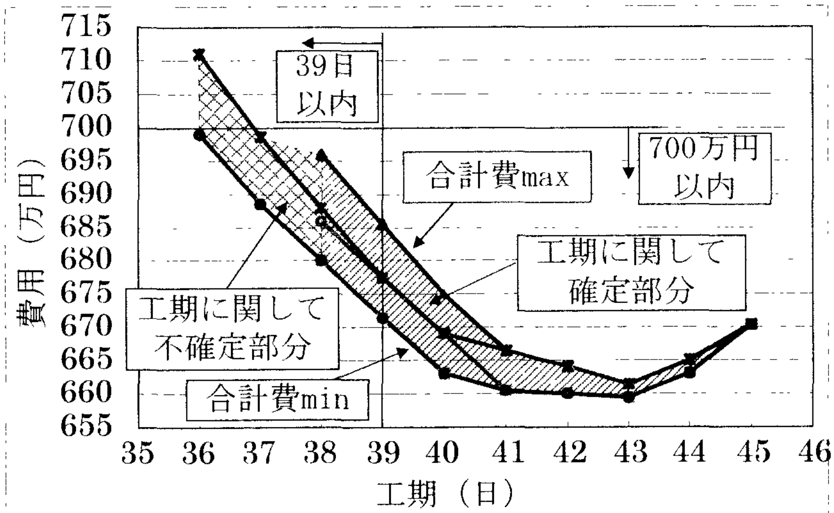

図 13 全体工期と下限費用

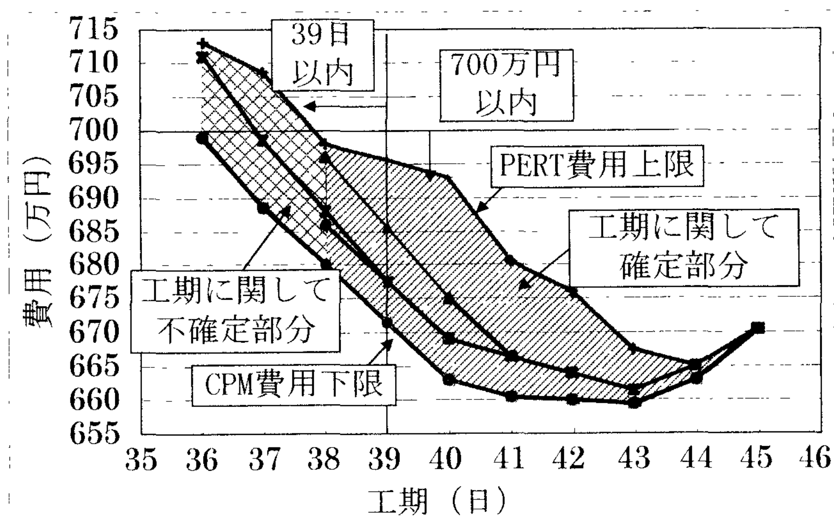

図 14 全体工期と合計費

表 5 全体工期に対する r の状況による費用

工期（日）	最小費用（万円）	最大費用 r に信頼性なし（万円）	最大費用 r に信頼性あり（万円）
39	671.5	695.5	685.5
38	680	698	696
37	688.5	708.5	698.5
36	699	713	711

これより，うまくいけば工期 36 日で 699 万円，また，費用が最大の場合を考えても，メンバシップ値に信頼性がある場合は工期 37 日で制限 700 万円以内，信頼性がない場合は工期 38 日で制限内の値となる．

このように「r≧0.5」に関して，確証の有無に係わらず，全体工期に対する費用の確実な上限値と，考えられる最小費用を見積もることで，各工期日数に対して，とりうる可能性のある費用区間を求めることができる．

ここまでは，メンバシップ値の制限が「r≧0.5」のように，1 値で決められる場合について述べたが，

各作業やプロジェクト全体の状況によっては，例えば「r≧0.7～0.5」のように，2 値の幅をもたせた方が都合がよいことも十分ありうる．以下，メンバシップ値 r が 2 値の場合，例えば「r≧0.7～0.5」といった状況を考える．まず，「r≧0.7」の工期短縮に関しては確実なものとして，「r＝0.7～0.5」に関しては確証がない，という状況であると捉えることができる場合は，「r≧0.7」で前述の CPM 計算を，「r＝0.7～0.5」で PERT 計算を行なえばよいことになる．ここでは「r≧0.7」を考えた場合，0.7 より大きい r に関しては，既に工期短縮が起こっているものとし，「r≧0.5」を考えた場合，r が不確定とはいえ，結果的に r＝0.7，0.6 の工期短縮は既に起こっているものと捉えられる場合について考える．これは，r の刻みごとに 0.7～0.5 まで CPM を行なうことになる．計算フローは省略し手順を示す．

［手順 1，2 は先ほどと同様］

［手順 3］

メンバシップ値の制限値である最大の r に対応する，各作業の工期 D_{11}，費用 M_{11} を読む．

［手順 4］

CPM 計算を行なう．全体工期 λ，各作業工期 D^*_{11}，またそれにかかる直接費用 C*を出力する．

［手順 5］

r を刻み Δr だけ引き，手順 3 に戻る．r =0 で終了．

ここでは，r＝0.5 までを求めたい範囲にしたため，手順 5 は r＝0 ではなく 0.5 である．

このような手順で計算を行なった結果を図 15 に示す．

図 15 より，各全体工期に対して，とりうる可能性のある費用が区間で求められる．メンバシップ値の制限「r≧0.7～0.5」で，全体工期は 36～40 日となり，先ほどからの 39 日以内という制限から，最小費用，最大費用を表 6 に示す．

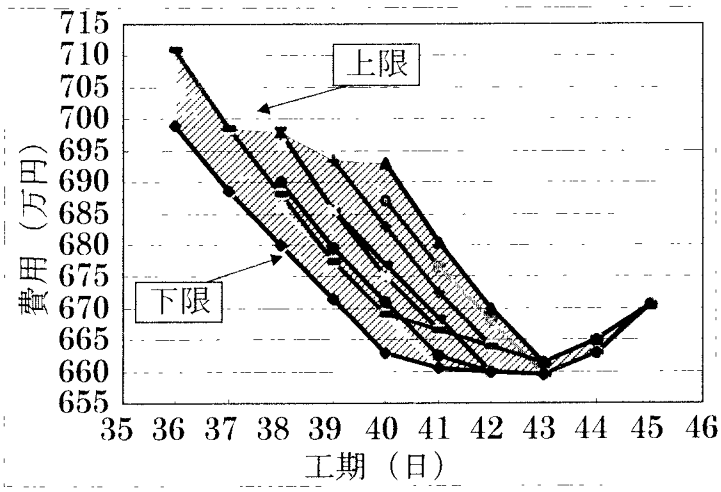

図 15 全体工期と合計費

表 6 制限内の全体工期に対する費用

工期（日）	最小費用（万円）	最大費用（万円）
39	671.5	693.5
38	680	698
37	688.5	698.5
36	699	711

うまくいけば工期 36 日で制限内の 700 万円以下，工期 37 日より長ければ費用は制限内に収まる．ただし実際，メンバシップ値が 0.7 に近い場合は，全体工期が 39 日以内という制限を越えて 40 日となる可能性もあるということがいえる．

5．おわりに

まとめとして本研究は，「見誤りの少ない，実際に即した工程管理を行なう」という目的に対して，見誤りの原因であると考えられる，各作業がもつ曖昧さを考慮して，工程，費用管理を行なうという手段を考えた．その中で従来の方法に対して変更を加えた．その特徴としては，まず，作業状況を表わすメンバシップ関数に，実際の状況を反映できるような形のものを適用した点，また，作業の短縮度合いの不確かさ，短縮費用の曖昧さを計算上，考慮できる

ようにPERT，CPMを拡張した点，そして，区間で求められた全体工期，合計費用に対して，メンバシップ値がもつ信頼性や状況による解釈を与えた点が挙げられる．

その結果，各作業状況から，短縮度合いの不確かさや短縮費用自体の曖昧さを考慮した上で，工程面では，メンバシップ値に対する，とりうる可能性のある全体工期の区間推測を行なうことができた．また，費用面では，まずプロジェクトに対して，考慮すべきメンバシップ値が１値で決められる場合の，全体工期に対しての費用の区間推測（特に，最大費用に関しては，メンバシップ値の信頼性の有無を考慮した）を，さらに，考慮すべきメンバシップ値が１値では決められず，２値の区間が妥当だと考えられる場合の，メンバシップ値の信頼性を考慮した，全体工期に対する最大費用，最小費用の推測を行なうことができた．

これにより，できるだけ実際に即したプロジェクト，各作業の状況を考慮にいれた上で，工程，費用の管理を行なっていくことができる，という結果を示せた．

最後に，これらを実際利用する際には，計画者がプロジェクトの各種制限やメンバシップ値の信頼性，曖昧さを含む各作業の状況などをふまえて，妥当な判断，選択をしたうえで，工程管理を行なっていくということが必要となると思われる．

参考文献

1)吉川 和宏：土木計画と OR，丸善，pp.210-216，pp.218-230，1969

2)庄子 幹雄：わかりやすい PERT･CPM，鹿島出版会，pp.150-163，pp.164-178，1968

3)劉錫会，王海燕：ファジィネットワーク工学，日本理工出版会，pp.141-173，1995

4)寺野 寿郎，浅井 喜代治，菅野 道夫：ファジィシステム入門，オーム社，pp.17-24，pp.27-35，1990

5)古田 均，秋山 孝正：ファジィ理論の土木工学への応用，森北出版，pp.1-14，pp.155-183，1992

6)樗木 武，M. Tatish，黄 文吉，池田 総司：作業日数のあいまいさを考慮した工程計画手法 FPRET の提案とその応用，土木学会論文集，第419号／Ⅳ－13，pp.115-122，1990

7)樗木 武，曽 浩璽，辰巳 浩，黄 文吉：作業の日数と費用のあいまいな判断を考慮した近似最適工程計画手法，建設マネジメント研究論文集，Vol.3，pp.151-162，1995

8)曽 浩璽，樗木 武，辰巳 浩，黄 文吉：作業費用のあいまい推定にもとづいた工程計画手法ファジィ CPM の提案，九州大学工学集報，第69巻第4号，pp.443-450，1996

9)岡田 真幸：ファジィプロジェクトネットワーク問題におけるクリティカルパスの解析，日本ファジィ学会誌，Vol.12，No.1，pp.133-142，2000

10)坂和 正敏：ファジィ理論の基礎と応用，森北出版，pp.2-21，1989

On Network Management Considering Fuzzy Schedule and Costing

by Takeshi Kusumi，Atushi Sasaki，ken koyama

PERT and CPM have been used as the typical algorithm to analyse the construction scheduling problems. However, it is difficult to apply them to the real construction problems, because the given schedules are sometimes off and estimated costs are not so exact, for many reasons.

In this paper, the total construction time and cost of scheduling problems are calculated based on fuzzy membership function considering the ambiguity circumstances of real construction site. The obtained results are able to express more accurate possible time and cost compare with the ordinal problems ever studied.

【Keyword】 network problem, membership function, network plan, network management