

グループ意思決定における参加者間の協調の支援について

和野善久 西田正吾

三菱電機(株) 中央研究所

概要

グループでの意思決定を支援することについて考える。ここでは特に、そのグループが対処すべき問題に対応して、適当な構造で組織化されている様なグループを想定する。グループの構造は、想定される問題に効率的に対処できるように設計されている。グループの構成員は、予め各々の役割を与えられており、グループに与えられた問題に対して、その役割に応じた部分問題を処理することになる。これらの部分問題は相互に関連を持ち、各部分問題の担当者は、関連する部分問題の担当者と協調しつつ、自らの担当部分を処理する。この部分問題間の干渉について、間接的な影響までを考慮するとその干渉の影響は広汎なものとなり、それらを個別に考慮して意思決定を行なうことは困難になる。一般的な組織では、木構造を基本とする階層型の構造をとり、上位階層からの下位の階層への管理を行なうことで、組織としての協調を図っている。本稿ではこの階層型の組織における、管理者の存在する協調型の意思決定を支援するための枠組について述べる。

Decision Support System for Coordination in Group Decision Process

Yoshihisa Hosono and Shogo Nishida

Central Research Laboratory, Mitsubishi Electric Corporation
1-1, Tsukaguchi-Honmachi 8-Chome, Amagashaki, Hyogo

Abstract

In this paper, group decision support in organizations with hierarchical structure is discussed. The structure of an organization should be designed suitably to deal with problems which might arise in it, and its efficiency should be amplified by supporting cooperation among its members. To do this, we propose a framework in which each member can be notified other members' intentions behind their operations. By considering other members' intentions, members in organizations can make decision coherently with each other. This coherency of decision making reduces conflicts among members' operations and makes problem solving in organizations more efficiently.

1 始めに

グループでの意思決定を支援することについて考える。グループ意思決定支援については特にその参加者の間での、協調を支援することが必要であり、多数の考察、試みがなされている。[1, 2] ここでは特に、そのグループが対処すべき問題に対応して、適当な構造で組織化されている様なグループを想定する。組織化されたグループの中での意思決定には、その構造に応じた協調の支援を行なうことが有効である。[3]

組織内での協調とその構造の関係については議論がある [4, 5] が、ここでは次のようなものを考える。グループは、想定される問題に効率的に対処できるような構造で組織化されているものとする。グループの構成員は、その組織の中で各々の役割を与えられており、グループに与えられた問題に対して、その役割に応じた部分問題を処理することになる。これらの部分問題は相互に関連を持ち、各部分問題の担当者は、関連する部分問題の担当者と協調しつつ、自らの担当部分を処理する。この部分問題間の干渉について、間接的な影響までを考慮するとその干渉の影響は広汎なものとなり、それらを個別に考慮して意思決定を行なうことは困難になる。一般的な組織では、木構造を基本とする階層型の構造をとり、上位階層からの下位の階層への管理を行なうことで、組織としての協調を図っている。本稿ではこの階層型の組織における、管理者の存在する協調型の意思決定を支援するための枠組について述べる。

まず、複数の意思決定者が協調して意思決定を行なうために、組織全体に対して意図を表明するための場、「意図伝達の間」とでもいふべきものを導入する。これは、組織内部の意思決定者たちが個別に表現した意図を、総合的に把握するためのものである。各意思決定者は、各自の担当部分の状況に基づき、その担当部分内の操作を行なう。この時、組織全体の動向を、この「意図伝達の間」を介して認識する。これにより各意思決定者は、組織全体の動向を反映した意思決定を行なうことが可能になり、担当者間での調和のとれた問題解決が可能になる。これにより、意思決定の参加者間の協調を行なわない場合に比べ、グループとしての問題解決の効率化が図られる。

本稿では、2節で対象となる階層型の意思決定のあり方について解析する。そして、3節で「意図伝達の間」のを活用した意思決定支援の方式について、4節で「意図伝達の間」の機構について述べる。最

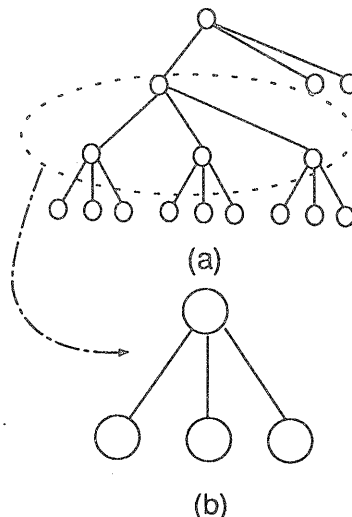


図 1: 階層型の組織

後に、5節で今回提案した枠組の有効性について議論とまとめを行なう。

2 階層型の組織における意思決定

2.1 階層型の組織と問題解決

ここでは図 1 の (a) ような木構造を持つ組織を考える。ノードは担当者を表し、エッジは上位階層にあるノードによる下位のノードの管理を表す。一般に階層型の組織は、このような多段の階層を持つものと考えられるが、ここでは単純のために、(b) のような 2 段だけを取り出して注目することにする。多段の組織における協調は、この 2 段での協調を基本にして考えることができる。

上位階層にあるものを管理者、下位にあるものを担当者と呼ぶことにする。管理者に与えられた問題は、各担当者の役割に応じて分割され、割り当てられる。管理者は主に、問題全体の解決に向けての戦略的な方針の策定と、管理下にある担当者間の調整を行なう。各担当者は、各部分問題についての情報の収集と、管理者から与えられた解決方針の展開と、実行を行なう。各担当者の収集した情報、個別部分問題についての解決の状況などは、抽象化されて管理者に報告される。管理者は意思決定にこれらの総合情報を活用する。

ここでは組織の管理について、どちらかといえば

緩やかなものを考える。各担当者は、各自の処理の方式に基づき、独自の判断を下す。もちろん、命令系統に沿った指示には従うが、与えられる指示は包括的なものであり、各部分問題の事情に応じてどのように展開し、実現するかについては各担当者の裁量の範囲にあるものとする。

このように、各担当者は自律的に割り当てられた部分問題を解く。この時、各担当者は担当する部分問題をできるだけ効果的に解こうとする。全体としては、特定の部分問題が効率的に解かれたとしても、他の部分問題がうまく解かれないことは好ましくない。管理者としては、できるだけすべての部分問題が調和的に解かれることを目標として方針を策定することになる。

2.2 組織の中での協調

各担当者は、管理者から与えられた方針に基づき、自からの担当する部分問題を処理する。一般には、各部分問題は完全に独立ではなく、相互に関連を持つ。したがって、各担当者は自らの担当する部分問題のみならず、周囲の状況と整合のとれた意思決定を行なう必要がある。このために、管理者ができるだけ合理的な指針を示す必要がある。管理者は、担当者間での矛盾を極力引き起こさないように方針を策定する。しかし、個別の部分問題を詳細に検討するわけではないので、細部で不都合の生じる可能性は残る。そこで管理者は、必要に応じてそのような不都合の解消のために担当者と協調する必要がある。また、下位の担当者間でも直接の交渉が必要な場合には、上位による仲介とは別に相互に協調して調整を行なう。さらに、各担当者間での調整を行なっても矛盾が解消されない時は、管理者が方針の変更を行なうことになる。

このように階層型の組織においては2つタイプの協調が考えられる。一つは、管理者と担当者間の管理のラインに沿った垂直型の協調である。もう一つは、担当者間での水平型の協調である。また、これらの協調は、基本的には自律的に意思決定を行なう意思決定の主体の間での、各自の策定する戦略を全体として調和のとれたものにするための、相互融通の過程であると見ることができる。

これらの協調は次のような内容にまとめられる。

垂直型の協調 協調の当事者が、各々の持つ権限、立場に応じた役割を果たす。

管理者は、問題全体の解決のための方針を決定

し、その内容を各担当者に伝達する。通常、担当者は与えられた方針の枠内で、各自の部分問題を処理しようとする。管理者は、各担当者からの報告をもとにして、総合的、大局的な状況判断を行なう。担当者は管理者からの指示について、自らの担当する部分問題への適合性と詳細手順への展開を検討する。もし、適用可能であれば処理を行なう。検討結果と、処理結果は管理者に報告される。

管理者による問題のとらえ方と、担当者による問題のとらえ方については、単に見る情報の範囲が異なるだけでなく、その詳細度についても異なっている。管理者が策定した方針を実現するために、各担当者は多くのステップに展開して処理を行なう。その処理の進行中にも状況は変化していく。管理者が方針を策定した時点では明らかではなかった不都合も、実際に細かなステップに展開され、実行に移されていく過程で検出されることもあり得る。

このように、垂直型の協調では、管理者による大まかな指針の提示と、担当者による詳細な処理とそれによるフィードバックという形の協調が行なわれる。

水平型の協調 垂直型の協調とは異なり、管理のパスに沿ったものではなく、各担当者が自律的に行なうものである。協調の参加者間での明確な役割分担はない。

管理者から提示された方針を、各自の担当部分について適用、展開し、実行することは各担当者が自律的に行なう。各部分問題は相互に干渉することがあるので、それを実際に処理していく過程で担当者間での協調が必要になる。

部分問題間の干渉は、担当者がお互いの裁量内で融通しあって解消できる場合と、管理者から与えられた方針を逸脱しなければ解消できない場合がある。後者の場合には、管理者による介入、方針の修正などが必要になる。いずれの場合についても、担当者間での意図の伝達、情報の交換が必要になる。

このように、水平型の協調においては、対等の立場での情報交換と、意思の疎通と相互の融通による協調が行なわれる。

垂直型の協調の前提には、処理の詳細な内容は各担当者による検討、展開が行なわれることがある。そのためには、ある程度の担当者間での情報交換、

意思の疎通といったことが必要である。一方、水平型の協調では問題点が解消できなかった場合には、管理者による方針の修正が必要になる。この様に、これらの協調は各々が独立に行なわれるのではなく、相互に密接な関連を持ちながら進行していく。

3 全体の動向を考慮した意思決定の支援

3.1 協調の効率化

前節では、階層型の組織における意思決定では、2つのタイプの協調が必要であることを述べた。これらを円滑に行なうためには、1) 各々の協調を効率的に行なうことと、2) これら異なるタイプの協調を調和して行なうこと、が必要である。そのためには次のようなことが重要であると考えられる。

- 効果的な情報収集
- 効率的な情報交換
- 明確な意図伝達

グループでの意思決定を考える時、複数の主体による意思決定であることから、後の2つが特に重要である。効率的な意思決定を行なうためには的確な状況判断が必要になる。各意思決定者のたてる戦略は、自らの担当部分の情報を正しく把握し、それに適応したものであることが必要である。さらにそれは、周囲の意思決定者達からの影響、あるいは周囲に与える影響を十分に考慮したものでなくてはならない。このためには、周囲の状況を効率的、かつ明確に把握できなければならない。

3.2 意思決定支援の枠組

機械による協調の支援という、意思決定者による状況の把握をどの位効率的に行なえるようにするかを考えることになる。しかし、いたずらにコミュニケーションのパイプを太くするだけでは、各意思決定者が把握すべき情報が膨大なものになってしまう。そこで、この膨大な情報を総合し、人間が直観的に把握できるように提示することが必要になる。特に、各自が自分を含めた関係者全体の動向を把握し、それを自らの意思決定に反映させることは、日常的な組織の活動から見ても自然である。そこで、いわゆる「その場の雰囲気」とでもいった、関係者たちの動向を提示するために、意図伝達の間を提供することを考える。これにより、立場の異なる参加

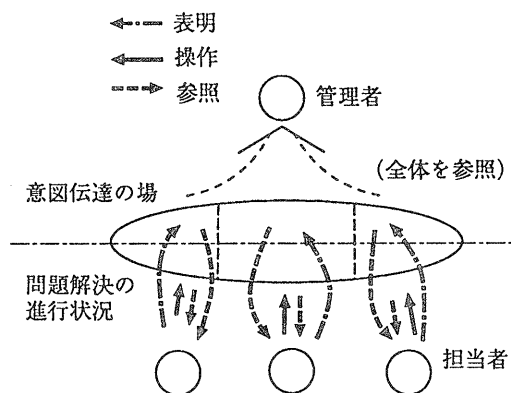


図2: 意図伝達の間

者間の協調を考慮した意思決定を支援するために、次のようなことを行なうことを提案する。

- 各参加者の立場に応じた情報の提示
- 参加者間での意思の疎通の場の提供

これらにより、

- 管理者は、
 - 各担当者の問題解決の進行状況の把握
 - 自らの与えた方針と各担当者の処理内容の整合性の把握
 - 担当者間での戦略の整合性の把握
- 担当者は、
 - 管理者から与えられた方針の、担当する部分問題への展開
 - 自らの立てる方針と、同僚の立てる方針との整合性の把握

が効率的に行なえ、各自の方針の立案、修正の効率が向上する。

各意思決定者は、各自の担当する部分問題内の状況から、各々独立に戦略を立てる。これらの戦略を全体として整合のとれたものとするために、各自が意図を表明し、全体に伝達できるように、図2のような機構を用意する。この意図の表明の間を介して、各意思決定者の持つ意図の、組織全体への影響が伝達される。これにより、各意思決定者には、その立場に応じた範囲、詳細度の情報を提示することが可能になる。

3.3 意図伝達の場の活用

各意思決定者が意思決定を行なう際には、担当者としての立場では、次のような指標を使用するものとする。

- 担当する部分問題についての進行状況
- 管理者の問題解決の方向についての意向
- 同僚からの要求
- 同僚達の問題解決の動向

一方、管理者としての立場にある時は、

- 担当者達の問題解決の進行状況
- 担当者達の問題解決の動向

を指標とするものとする。前者は、担当者が個々に見る各自の担当部分問題についての進行状況を総合したものである。後者は、担当者が同僚達の問題解決の動向として認識するものと同一のものである。従って、管理者と担当者が用いる指標の内容には本質的な差はなく、そのとらえ方と用い方が異なるのみである。

これらのうち、意図伝達の場を介して認識されるのは、最後に挙げた組織全体の動向である。これは、上に挙げた指標のうち、組織の中での意思決定に特徴的なものである。その他の3つの指標は、各部分問題を単独の意思決定とみなした場合、意思決定に使用される内部制約、目標、外部の制約に相当する。組織の動向の認識は、個別の問題解決の内容よりも、組織全体の問題解決の効率に寄与するものである。

一般に、組織の中での各担当者の操作は、他の担当者の操作との関連を持つことが多い。従って、各担当者がある操作を行なおうと意図したとしても、他の担当者の担当範囲内の操作に影響を及ぼす可能性のある場合、その操作を直ちに行なうことはできない。逆に、他の担当者が関連する操作を行なう意図を表明していた場合、その操作との整合性を考慮する必要がある。このように、各意思決定者は常に他者の意図に配慮した意思決定を行わなければならない。

一般には、上のような単純な形ではなく、もう少し複雑なかたちで各部分問題が関連を持つものと思われる。協調型の問題解決では、特定の部分問題が効率的に解かれたとしても、それにより他の部分問題の解決が進まないことは受け入れられない。各担

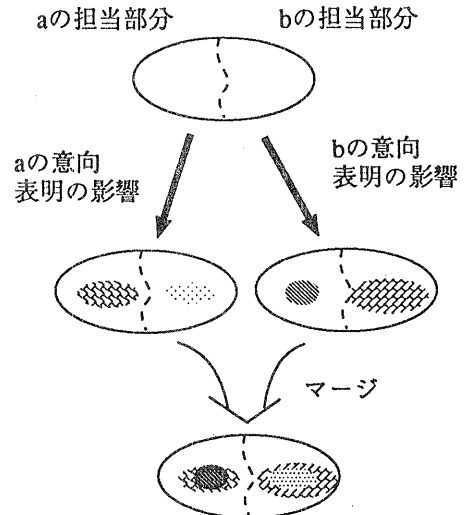


図 3: 部分問題相互の影響

当者はそのことを考慮して、できるだけ他の担当者の動向と矛盾しない戦略を選択するべきである。このために、他の担当者たちが如何なる意図を持って、今後どのような操作を行なおうとしているかということ把握することが重要である。

このために、各自の担当する部分問題への、他者がこれから行なおうとする操作の影響が、意図の場を介して把握できるようにする。これにより、各担当者が独立に行なう戦略の策定の相関が各担当者に認識できることになる。図 3は、これを模式的に表したものである。

a と b は各々独立に各自の意向を表明し、その周囲への影響がマージされて提示される。a と b は各自の担当部分問題内への、両者の意図する操作の影響を見ることになる。これにより、各自がその担当部分問題の内部についての情報を見るのみで、周囲からの影響を考慮することが可能になる。実際の操作は、すでに表明したものを、必要に応じて修正したものとなる。

この意図の表明は独立に行なわれる。このため、複数の担当者が相互に矛盾する操作を意図した場合、一種のデッドロックに陥ることもあり得る。操作に対する意図の表明は、まさにこのような事態を顕在化させるためのものであり、このようなデッドロックは関連する操作の内容を調整することで回避されることになる。複数の意図の間の矛盾は各担当者が判断し、必要に応じて直接の交渉が行なわれ調整さ

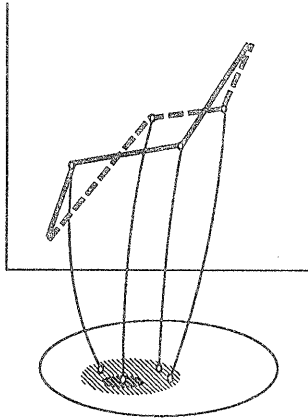


図 4: 他者の動向の反映

れることでその解消が図られる。もちろん、当事者のうちのどちらかが表明した意図を撤回、あるいは修正することで、矛盾の解消を図ることも可能である。

3.4 他者の意図を考慮した意思決定

ある担当者が担当する部分問題内の指標を元に、その時点で適当と思われる操作をいくつか考えたとする。通常であればその中での選択は担当する部分問題内の指標を用いて行なわれる。他者の意図を考慮に入れるためには、まず、その操作が周囲の意向にどの程度合致するかを判定する必要がある。このために各自の担当範囲内の状況から候補となる操作系列を考える。ここで考える操作系列は必ずしも一つには絞り込まずにいくつかの候補を考え、それらに対して優先度を与える。つぎに、自担当内の状況から得られた優先度と、意図伝達の場の状況を考え合わせ、それらが合致していれば、その時点での判断は組織全体の意向に合致していると判断できる。逆に、両者に大きな差がある時は組織の動向に反していると判断し、方針を変更することを検討する必要がある。

図 4はその様子を概念的に示したものである。上段は、操作の系列を示し、下段は意図伝達の場の状況を示している。自らの担当部分問題内の状況のみでは、上段の破線で示した操作系列の方が有効であると判断されるとする。一方、各操作が他者からどの程度の影響を受けるかを見ると、実線で示した操作系列の方が少ないことが判明したとする。このような場合、できるだけ他者と競合しないような実線

の操作系列を選択するかことが考えられる。あるいは、その影響のもととなる操作を行なおうとしている担当者を検出し、交渉による調整を行ない、競合を解消する。

これらの調整の結果、徐々に各意思決定者の戦略の整合がとられていく。また、後続の戦略にも、すでに行なわれた調整は反映されていく。問題解決の進行にもなって新たに意図の矛盾が生じることもあるが、同様の手順で調整される。このようにして、交差を重ねることで組織全体として調和のとれた問題解決が行なわれることになる。ただし、その前提として、意図の調整が収束することがある。もし収束しないようであれば、管理者による介入が必要になる。また、調整がうまくいかないことも考えられ、そのような場合には、管理者が全体の方針を修正することになる。また、管理者は、担当者他者の意図の競合の状況を観察し、以後の方針の策定に反映させることで、担当者間の競合を避けるように努める。

このような機構により、各意思決定者の意図は全員に対して暗黙のうちに伝達され、それが意思決定に反映されることになる。一方、明示的な交渉による意図伝達は、ある意思決定者が自からの意図する操作に対して都合の良いように、他者に対してその操作内容についての要求を伝達することにより行なわれる。この場合は、意図伝達の場を介して意図が伝達されるわけではない。暗黙的な意図の伝達では不十分な場合には、明示的な交渉による意図の伝達を行なうことで、より明確に意図の伝達を行なうことができる。ただし、このような明示的な意図伝達は、個別の部分問題の処理の効率化には寄与するが、組織全体から見るとそのコミュニケーションのためのコストが増大し、全体の問題解決の効率化には妨げになる。従って、通常は意図の場を介した暗黙の意図伝達を主とし、必要に応じて明示的な交渉を併用する方針をとる。

4 意図伝達の機構

4.1 操作の評価値

表明された意図の影響を、各操作についての評価値として反映する。新たな問題が発生した時点で、管理者は全体の状況を見て方針を策定する。各担当者は、管理者から与えられた方針と、各自の担当部分の状況を観て、その担当部分を効率的に処理する方策を立て、それをその時点での意図として表明する。このとき、表明された意図をもとにして、その

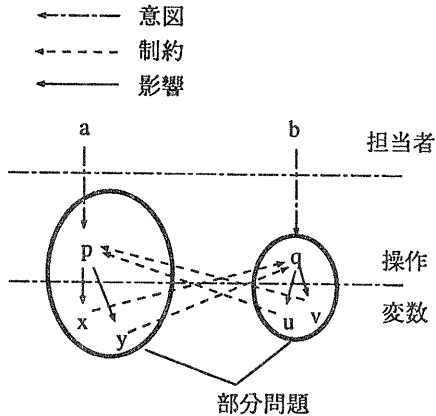


図 5: 部分問題間の干渉

全体への影響を評価し、各部分問題内での操作に対して評価値を与える。この評価値は、表明されたすべての意図について合成される。以後、各担当者および管理者は、戦略の策定に際して、実際の状況にこの評価値を加味して意思決定の指標とする。

評価値は、その操作が他者の意向とどの程度関連を持つかを示す指標である。たとえば、図 5 のような状況を考えてみる。意思決定者 a と b がいて、それぞれが操作 p と q を行なおうとしている。おのこの操作を実行に移すためには、それらを実行するための環境が整っているかを調べる必要がある。p を実行するために b の管理下にある変数 u と v についてその値がある範囲内にあるという条件があるものとする。一方、q を行なうための条件として a の管理下にある x と y が一定範囲内にある必要があるものとする。また、p を実行した結果 x と y が、q を実行した結果 u と v が変化するものとする。

この時、a は u と v については p を実行するための制約条件として認識し、それがどのような値になっているかにより p の実行可能性を判断することになる。場合によれば、そのために都合の良い値にするように b に依頼することも考えられる。一方、x と y については p の実行の結果それがどのような値になるかは意識しており、今後自分がどのような操作を行なうかに応じてどのような値になれば良いかという観点で把握することになる。しかし、b から見れば x と y は制約条件であり、a は p の操作内容を決定する時に q の実行可能性に対する配慮をすべきである。特に、a と b が独立に p と q を行なおうという意図を持つ場合には、相互の意図が競合する

ことになる。

このような場合、a は p について、b は q についての評価値が上昇したとして認識することになる。これにより、各自は該当する操作を行なおうとした時、それが他者から受ける影響、他者に与える影響を再確認することで、相互に矛盾する操作を避けようとする事ができる。このような調整の結果、各自がすでに表明した意図を変更した場合、その影響が再計算され、各操作の評価値が変化する。間接的な影響については、複数回の意思決定の間に伝播により反映されるていく。従って、間接的な影響には時間遅れが含まれるが、その間に関連する意思決定者の意図が反映されていく。このように、操作の評価値は、各意思決定者の意図の変遷に応じて変化していく。したがって、操作の評価値は組織全体の動向の変化に追従する指標となる。

4.2 意図伝達の場の特性

評価値の定常状態と、意思決定を行なうにあたっての初期状態、そして、意思決定の結果として目標とする状態について考える。まず、意思決定の過程においては、定常状態といったものは存在しない。ある組織が活動を休止している時、どの意思決定者からも意図の表明はなく、その反映である操作に対する評価値はすべて 0 である。

一般に、活動中の組織においては、何らかの問題解決が進行中である。その過程で表明される各意思決定者の意図に付随して、各操作についての影響が評価されその評価値が上昇する。各操作についての評価値は、その操作が組織全体の問題解決の中でどの程度注目されているかを示すものである。問題解決の進行に応じて、焦点となる操作は変化していき、それにつれて各操作の評価値は変化する。個々の操作の評価値の変化は多様なものであるが、大まかには、その操作に焦点になるにつれて上昇し、その周辺の処理の進行につれて下降する。とくに、問題解決の初期には処理すべき操作が次々に判明していき、全体的に評価値は急速に上昇する。問題の処理が進行するのに応じて必要な操作は行なわれるから、各操作に対する重要性は低下する。全体的に見れば、問題の処理が進行するにつれて、各操作に対する評価値は減少していく。そして、すべての必要な操作が行なわれた時点、すなわち問題解決が終了した時点では、すべての操作の評価値は 0 になる。

一般の組織においては、複数の問題が並行して処理され、かつ、その時点での問題の処理が完了しな

い時点で、新たな問題が与えられるのが通常である。このため、すべての問題についての要求を合成すると、各操作に対する評価値が0である状態が定常であるという訳ではない。従って、組織体において問題解決を行なっていくに当たり、得られるべき状態として目標となるのは、すべての評価値が収束して0になる状態ではない。しかし、ある特定の問題について考えると、すべての評価値が0である状態が初期状態であり、また、目標とする最終状態もまた同じものである。その過程において、各部分問題内の指標から各操作に対する要求が発生し、各操作の個別の評価値は増大と減少を繰り返す。問題解決を行なう際に、各意思決定者は、評価値の高い操作を優先して行ない、自からの担当範囲内の評価値をできるだけ減少していくような戦略をとるものとする。従って、複数の問題を並行して処理するような組織においても、各問題についての評価値は分離して考えることが有効になる。

ただし、複数の問題を同一の資源を用いて処理するような場合、それらを独立に扱うことはできない。このような場合は、独立な問題が複数ある訳ではなく、それらが複合して1つの問題であるものと考えることが必要である。

5 終りに

一般に、とり扱う問題が大規模になるにつれて、意思決定の結果である戦略を最適化することは、計算量の問題から困難になる。複雑な問題をグループで取り扱う場合は、各意思決定者が他者の動向を考慮に入れた上で最適な戦略を求めることは事実上不可能である。このような場合、各意思決定者は満足化原理にしたがって行動する。[6, 7] 従って、各自の基準で意思決定を行なう参加者で構成されるグループに対しては、全体として調和した問題解決を進行させるために、相互の意思の疎通を効率化する事が有効となる。

本稿では、階層型の組織における意思決定を支援するための枠組を提案した。これは、意思決定者たちの役割、立場に応じた周囲との協調を効率化するために、意図伝達の場を提供することで、各自が、組織全体の動向を考慮した意思決定を行うためのものである。各意思決定者は、これにより、

- 各参加者の立場に応じた情報の提示
- 参加者間での意思の疎通の場の提供

を受けることが可能になる。これにより、満足化原理にしたがって行動する意思決定者たちが、各自の判断基準に組織全体の動向を加味した意思決定を行なえ、組織全体としての問題解決の効率化が図れる。

今後、経済活動における意思決定主体の行動原理[6]などを参考にしつつ、意図伝達の機構とその提示方式の実現を予定している。また、電力系統復旧などの階層型の組織により選用されている分野への応用を通じて、その有効性を検証することを検討している。

参考文献

- [1] J. F. Nunamaker Jr. Special issue on gdss. *Decision Support Systems*, 5(2), 1989.
- [2] H. G. Sol and J. Becsenyi, editors. *Environments for Supporting Decision Processes*. Elsevier, 1991.
- [3] Alan H. Bond. Distributed decision making in organizations. In *Proceeding of International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pages 896-901. IEEE, 1990.
- [4] Tomas W. Malone. Modeling coordination in organizations and markets. *Management Science*, 33(10):1317-1332, October 1987.
- [5] Tomas W. Malone, Joanne Yates, and Robert I. Benjamin. Electronic markets and electronic hierarchies. *Communications of the ACM*, 30(6):484-497, 1987.
- [6] 塩沢由典. 市場の秩序学～反均衡から複雑系へ～. 筑摩書房, 1990.
- [7] Herbert A. Simon (稲葉元吉 吉原秀樹 訳). システムの科学. パーソナルメディア出版, 1988.