HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	FISM/* : 統合型発想支援システム
Author(s)	大内, 東; Ohuchi, Azuma
Citation	北海道大學工學部研究報告, 167, 67-75
Issue Date	1994-01-14
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42404
Type	departmental bulletin paper
File Information	167_67-76.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学工学部研究報告
第167号（平成6年）

Bulletin of the Faculty of Engineering
Hokkaido University, No. 167 (1994)

FISM/＊：統合型発想支援システム

大内　東

（平成5年8月31日受理）

FISM/＊: An Integrative Idea Generation Supporting System

Azuma OHUCHI

(Received August 31, 1993)

Abstract

This paper introduces a new idea generating support system FISM/＊ based on an emerging methodology which appears to be very useful as an aid to individuals and groups in making an decision of various problems. This paper presents an introduction to the fundamental concepts and operations of FISM/＊ and reports on the result of an exercise conducted with a group of some members. The results of the exercise demonstrates the utility of the methodology for supporting idea generation of complex issues.

1．まえがき

人間の自由な発想，独創的な思考をいかに支援すべきかという問題，すなわち“発想支援”の問題は最近のワークステーション，GUI，AI，マルチメディア等の諸技術の進展から特に注目を集めている。計算機による援用のもとでの発想支援が期待される場面は多岐にわたっている。例えば，個人ベースでのアイデア開発や文書作成といった作業から，大人数による計画立案あるいは会議支援までそれぞれにその重要性が認識されている。特に，情報処理の分野ではエキスパートシステム開発における知識獲得や多人数による大規模ソフトウェア開発の立案や仕様作成等に対する，いわゆる知的生産活動の上流工程をサポートする技法として研究の成果が期待されている。

発想支援研究に関する杉山の分類[20]では，発想支援研究のアプローチは以下の3つに大別されている。

(1)　アイデアや知識の断片を整理し体系化を行う発想過程の対話型支援（発想法的支援の研究）
(2)　論理型言語に基づいた仮説推論や類推等の発想の機械知能化（機械学習による支援）
(3)　人間の創造性の解明・支援をめざす総合的な創造性支援研究（発想プロセス機構の解明）

また，最も研究活動が盛んな分類(1)に関して，その方法の特長からさらに細分している。

(a)　ブレインストーミングに代表される事実やアイデアを引き出すための発散技法
(b)　KJ法[22]に代表される事実やアイデアの整理，体系化のための収束技法
(c)　発散技法と収束技法を相補的に扱う統合技法

情報工学科　システム工学講座

著者らはこれまでに，ISM[21] 等の構造モデリングを基盤とする分類(1)の対話的発想支援システム構築に向けて，人間の自由な思考過程，柔軟な発想過程を様々な角度から検討し，これらの過程を反映する新しい構造モデリング法「FISM(Flexible ISM)」を提案してきた[1)~18)]。

FISM は，人間の発想／思考の過程を計算機によって支援することで新たな発想／思考を促進する機能を実現しようとする意味で発散技法である。また一方で，結果として問題の整理，体系化を行うという意味において収束技法である。このことから，FISM の特徴の一つは，発想支援方法の分類において収束技法と発散技法を柔軟に相補的に扱う統合技法に分類される点である。FISM の第 2 の特徴は，数理的基盤を持つ事である。これまでの発想支援システムは主に画面操作を中心とするユーザインターフェイス上の取扱いの容易さの観点からのみ論じられているものが多く，理論的背景が乏しかった事への反省である。FISM の理論的基礎は，部分関係行列と呼ぶ関係行列の拡張である。さらに，部分関係行列を二値部分可到達行列，二値部分半順序行列，ファジイ部分可到達行列と特殊化し，FISM を利用する対象に応じて効率的なアルゴリズムを構築できるように理論的基礎を与えている。

本稿では，これまでに提案した統合型発想支援システム FISM/＊全体について，その理論的背景，諸機能，利用方法の観点から報告する。

2．FISM による発想支援プロセス

FISM による発想支援プロセスの実行を「FISM セッション」と呼ぶ。FISM セッションでは，対象を有限集合 S と S 上の二項関係 R の組〈S，R〉としてモデリングする。FISM セッションは以下のように実行される。

[FISM セッション]

(0) 問題設定構造化を行う対象問題を明確にする。

(1) 具象化

(1.1) 関係定義：扱う問題を構造化するための二項関係を定義する。

(1.2) 関係の性質：定義した二項関係の性質を入力する。この性質により以下のサブシステムが起動される。

(a) FISM/bin：一般的な二項関係による具象化

(b) FISM/ISM：擬順序関係による具象化

(c) FISM/KJ：半順序関係による具象化

(d) FISM/fuzzy：一般的ファジイ関係による具象化

(e) FISM/fuzzyISM：ファジイ擬順序関係による具象化

(1.3) 要素抽出：扱う問題に対する対象要素集合 S を抽出する。要素集合の抽出は，思いつく要素から任意の順序で列挙する。

(1.4) 関係の決定：一対比較により S 上の二項関係を部分関係行列としてモデル化する。

(2) 構造化

(2.1) レベル分解：二項関係がファジイ関係である場合には，部分関係行列をレベル分解し，二値行列とする。

(2.2) 階層構造の抽出：有向グラフ表示のために，レベル分解行列に対し，強連結成分の縮約，パート分割，階層レベル分割等の一連の計算を実行する。

(3) 描画

(3.1) リダクション：構造化した結果から，冗長な関係をすべて取り除き，要素間の関係

を最も少ない有向辺で表現するためのリダクションと呼ぶ計算を実行する。

(3.2) グラフ表現：結果を出力する。その表現形式として階層グラフで表現する[20]。この階層グラフを問題の構造モデルと呼ぶ。

(4) ドキュメント作成：結果をまとめてドキュメントを作成する。

3．FISM/＊システム

FISM/＊システムのモジュール構成を図1に示す。基本構成は初期設定，具象化，構造化，描画，ドキュメント作成の5つのモジュールからなり，各々いくつかのサブモジュールを持つ。以下では関係の性質により起動される具象化サブモジュールの機能を中心に説明する。なお，CdI は当研究室で開発している汎用マルチメディア・カードインターフェイスである。

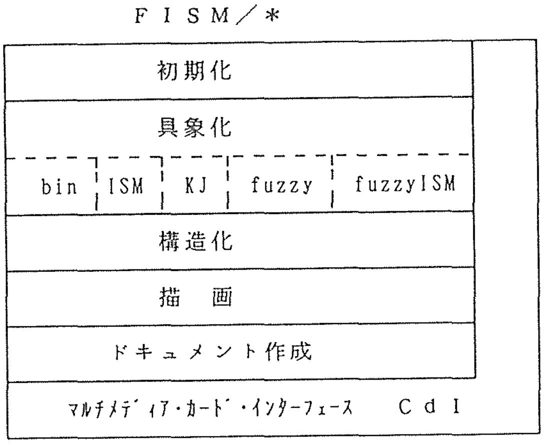

図1：システム構成

3.1 FISM/bin

一般には要素集合上に定義される二項関係には特別な性質が成り立つとは限らない。FISM/bin はこのような場合の構造化を支援する。利用する関係をデータ構造として関係行列を用いて表現する。

3.2 FISM/ISM

FISM/ISM では二項関係に可到達性（推移的かつ反射的二項関係，すなわち，擬順序）が仮定できる場合に具象化を支援する。理論的には，部分可到達行列を用いる。部分可到達行列とは可到達行列の拡張である。部分可到達行列の性質を利用して，効率的かつ無矛盾なモデリングを行うことができる。

3.3 FISM/KJ

KJ 法は日本では最も良く知られている発想支援法の1つであり，川喜田二郎氏が開発したものである[22]。KJ 法は，対象とする問題に対して人間が思い浮かべる事柄をカードに記述して扱う。KJ 法は，大きく以下の4つのステップからなる。

(1) ブレーンストーミングによりカードを生成する。

(2) 類似性を規範としてカードをグループ化する。

(3) グループ集合に対して，対立関係，先行関係，因果関係などの順序関係を規範とした階層構造を構築する（A-type diagram)。

(4) 完成したA-typeダイヤグラムに基づいて扱う問題を文書の形にまとめる(B-type記述)。
カードに書かれた事柄を要素とみなすと，カード集合はFISMにおける要素集合に対応する。また,KJ法のステップ(2)及びステップ(3)はそれぞれカード集合上とグループ集合上での関係の決定とみなすことができる。KJ法は，言わば人の手により対象のモデル化を行う方法といえる。よって，従来のFISMにKJ法の特徴であるカードをながめて分類・整理する機能を取入れることにより，FISMとKJ法を融合することができる。

3.4 FISM/fuzzy

FISMのこれまでの応用実例を通して，人間の判断の曖昧さを考慮したシステムの開発に対する要求が強いことが認識された。すなわち，ある要素二項対が「関係にある，ない」から「関係にある度合いを考慮する」というものである。この要求を満たす1つの方法として，ファジイ理論を導入することが考えられる[19]。FISM/fuzzyはFISM/binのファジイ版であり，関係行列として，ファジイ部分関係行列を用いる。

3.5 FISM/fuzzyISM

- 因果関係：AはBの原因である。
- 影響関係：AはBに影響する。
- 貢献関係：AはBのために役立つ(必要である)。
- 優劣関係：AはBより優れている(重要である)。
- 選考関係：AよりBを選ぶ。
- 包含関係：AはBに含まれる。
- 依存関係：AはBに依存している。
- 手順関係：Aの前にBを行う必要がある。
- 空間関係：AはBの東にある。
- 大小関係：AはBより大きい。

図2：推移的関係の例

FISM/fuzzyISMでは二項関係にファジイ可到達性（ファジイ推移的かつファジイ反射的二項関係，すなわち，ファジイ擬順序）が仮定できる場合に具象化を支援する。理論的背景は，二値部分可到達行列の拡張であるファジイ部分可到達行列を用いてモデル化する。ファジイ部分可到達行列とは二値部分可到達行列をファジイ行列へ拡張したものである。ファジイ部分可到達行列は特別な場合として二値部分可到達行列を含む。

4．FISMの理論的背景

対象を構造化する際に利用する二項関係Rは，対象とする問題によって，擬順序関係，半順序関係，ファジイ関係等の性質を仮定できる場合が多い。このような場合には関係付けの効率化と無矛盾化を考慮したアルゴリズムを構築することができる。とくに，利用する二項関係に推移性

を仮定することができる場合には興味ある結果が得られる。推移性は様々な対象の関係が持っている性質である。良く利用される推移性を持つ二項関係を図2に示す。本章では反射的かつ推移的なファジイ二項関係に対する結果を示すが，特別な場合として，クリスプな二項関係においても成り立つ。

4.1 ファジイ部分可到達行列

理論的背景の中心はファジイ部分可到達行列の導入である。

Definition 1（ファジイ部分可到達行列）ファジイ行列 M がファジイ部分可到達行列であるとは，その行列の要素が最大値と最小値を持ち，かつ以下のファジイ反射性とファジイ部分推移性を満足する行列である。

すなわち，行列 A の（i, j）要素の最小値を $\underline{m}_{ij}$，最大値を $\overline{m}_{ij}$ と書くと，

$$M = [\underline{m}_{ij}, \overline{m}_{ij}], \quad 0 \leq \underline{m}_{ij} \leq \overline{m}_{ij} \leq 1. \tag{1}$$

ファジイ反射性：

$$\overline{m}_{ii} = \underline{m}_{ii} = 1. \tag{2}$$

ファジイ部分推移性：要素の三組（i, j, k）に対して

$$\underline{m}_{ij} \geq \min(\underline{m}_{ik}, \underline{m}_{kj}), \tag{3}$$
$$\overline{m}_{ij} \geq \min(\overline{m}_{ik}, \underline{m}_{kj}), \tag{4}$$
$$\overline{m}_{ij} \geq \min(\underline{m}_{ik}, \overline{m}_{kj}), \tag{5}$$

の全ての条件を満たす。ここで，

$$M(i, j) = \begin{cases} \text{既知要素：} \overline{m}_{ij} = \overline{m}_{ij} \text{のとき} \\ \text{未知要素：} \underline{m}_{ij} < \overline{m}_{ij} \text{のとき。} \end{cases} \tag{6}$$

と呼ぶ。

すなわち，ファジイ部分可到達行列 M の (i, j) 要素が既知要素であるとき，その要素の値は，従来のファジイ行列と同様にファジイ可到達関係 iRj の帰属度を示す。一方 (i, j) 要素が未知要素であるときは，iRj の帰属度が $[\overline{m}_{ij}, \underline{m}_{ij}]$ で一意に決定することができない状態を示す。ファジイ推移性は関係の連鎖が長くなるほど関係の強さが小さくなる性質を反映したものである。以下の諸定理はファジイ部分可到達行列と他の行列との関連を述べている。

Theorem 1　ファジイ部分可到達行列 A のレベル行列 A_α を

$$A_\alpha(i, j) = \begin{cases} 1 : \underline{m}_{ij} \geq \alpha \\ x : \underline{m}_{ij} < \alpha \leq \overline{m}_{ij} \\ 0 : \overline{m}_{ij} < \alpha, \end{cases} \tag{7}$$

とすると，α－レベル行列 A_α は部分可到達行列である。

Theorem 2　ファジイ部分可到達行列 A の全ての要素が既知要素であるとき，行列 A はファジイ可到達行列である。

以上の諸定理からファジイ部分可到達行列は，ファジイ可到達行列，部分可到達行列，可到達行列のある種の拡張であることが理解される（図３）。

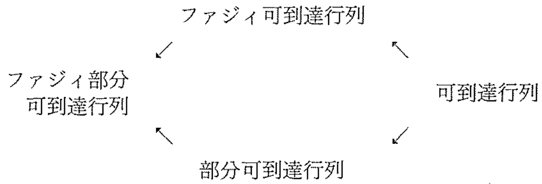

図３：可到達行列モデル間の関係

4.2　ファジイ部分可到達行列の含意関係

FISM セッションの具象化プロセスは，対象要素集合の関係を決定するプロセスである。FISM/ISM と FISM/fuzzyISM ではこのプロセスを効率的に実行する事が出来る。すなわち，部分可到達行列あるいはファジイ部分可到達行列の部分推移性により，ある未知要素が既知要素となったとき，部分推移性を保持するためには他の未知要素の値が制限される必要がある。これは既知となった未知要素の値が，他の未知要素の値を制限すると言う意味において，ある種の含意という事が出来る。

Theorem 3　行列 M をファジイ部分可到達行列とする。未知要素 $M(i, j)$ の値，$[\underline{m}_{ij}, \overline{m}_{ij}]$ を $[\underline{m'}_{ij}, \overline{m'}_{ij}]$ へ変更したとき，以下の３通りの含意規則を適用して他の（l, m）要素の値 $[\underline{m}_{lm}, \overline{m}_{lm}]$ を新たな値，$[\underline{m'}_{lm}, \overline{m'}_{lm}]$ へ変更すれば結果の行列 M' はファジイ部分可到達行列となる。ただし，$0 \leq \underline{m'}_{ij} \leq \overline{m'}_{ij} \leq 1$ とする。

{含意規則} $l = 1, \cdots, n$, $m = 1, \cdots, n$ に対して以下の演算を実行する。

min → min 含意：

$$\underline{m'}_{lm} = \underline{m}_{lm} + \underline{m}_{li}\ \underline{m}_{jm}\ \underline{m'}_{ij}. \tag{8}$$

max → max 含意：

$$\overline{m'}_{lm} = \overline{m}_{lm}\ ((\underline{m}_{il}\ \underline{m}_{mj})\ \alpha \overline{m'}_{ij}). \tag{9}$$

min → max 含意(1)

$$\overline{m'}_{lm} = \overline{m}_{lm}\ (\underline{m'}_{ij} \alpha\ (\underline{m}_{jl} \alpha \overline{m}_{im})). \tag{10}$$

min → max 含意(2)：

$$\overline{m'}_{lm} = \overline{m}_{lm} (\underline{m'}_{ij} \alpha\ (\underline{m}_{mi} \alpha \overline{m}_{li})). \tag{11}$$

Theorem 4　$[\underline{m}_{ij}, \overline{m}_{ij}] \supseteq [\underline{m'}_{ij}, \overline{m'}_{ij}]$ ならば含意の結果も $[\underline{m}_{lm}, \overline{m}_{lm}] \supseteq [\underline{m'}_{lm}, \overline{m'}_{lm}]$ である。

この定理によって，未知要素 m_{ij} の区間を狭めれば，他の要素 m_{lm} の区間も等しいか，または狭められることが保証される。従って，未知要素の上下限値を等しくして設定して行く（すなち，既知要素として行く）と，最終的に全ての要素の値が一意に定まりファジイ可到達行列が得られ

る。以上の定理よりファジイ部分可到達行列の未知要素に値を与えて，これらの含意規則を繰り返し適用すれば，最終的にすべての要素が既知のファジイ可到達行列が得られる。

5．FISM の実例

これまでに述べた FISM/＊の諸機能を利用して実行した具体的な例を示す。

5.1　問題の背景

ここで取り扱うのは，企業における新規事業開発の問題である[14]。企業において新規事業開発のための計画作業は，自社にとって未知の領域への進出であり，事業環境，経営資源，行動範囲など予想される結果が曖昧なことが多い。さらに，新規事業の目的，評価基準ですら明白でない場合も多い。また，新規事業プロジェクトは，構成メンバの専門性／バックグラウンドが多様であること，関連部門／部署が多い等の特徴があり，問題に対する様々なレベルでの共通認識・理解の形成が重要な課題となる。このように，企業の新規事業開発といった独創的かつ知的な生産活動の一場面で，FISM/＊は利用者の発想／思考を効果的に支援している。

＜FISM セッションの目的＞

企業 A が新規事業 X を計画している。新規事業進出にあたって，

・進出にともなうリスクは？

・計画遂行上の留意点は？

・そもそもこの計画を実行すべきか？

等について事前評価を行う必要がある。

5.2　結果の分析

FISM セッションの実行結果（図 4 と図 5）から問題の分析がなされる。この例題では「評価システム」・「ニーズ適合」・「話題喚起」・「CI 調和」・「ノウハウ応用」の 5 つが他の要素の影響を

1．社内の開発推進体制の整備
2．的確なリーダースタッフの配置
3．関係者間でのコンセプトの共通認識
4．企業イメージへの貢献
5．スケジュール通りの進行
6．必要な投資額の確保
7．必要な販売チャンネル確保
8．不足資源の充足
9．自社資源の有効活用
10．必要なノウハウの確保
11．成果の評価システム
12．潜在的競合への対応
13．変化に応じた柔軟性
14．新市場での優位性確立
15．話題性の喚起
16．企業イメージ/CI との調和
17．企業体質の改善/活性化
18．ノウハウの応用可能性
19．自社シーズーとニーズとの適合性

図 4 ：抽出された要素

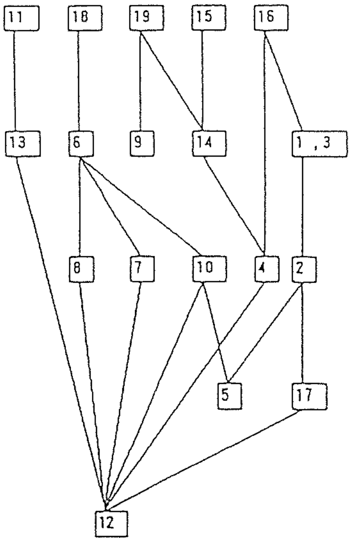

図 5 ：構造グラフ

受けない根源的課題であること，「予定進行」・「競合対応」・「資源活用」は他の要素に影響を与えない最も派生的なものであることが判断できる。このことから，新規事業問題に対する課題の解決順序や各課題への影響が明らかになり，その内容は，新規事業プロジェクトメンバーの共通認識とされ以後の活動の合意事項として利用される。

6．む す び

本論文では，柔軟な発想支援システム FISM/＊について，その全体システムとサブシステムの機能，理論的背景，及び応用例について述べた。

本論文をまとめるにあたって，応用例に関して資料を提供していただいた㈱博報堂研究開発センター，水野誠氏，岡野雅一氏に感謝いたします。

参 考 文 献

1）Ohuchi, A., Kurihara, M. and Kaji, I.: A theorem and a procedure for the complete implication matrix of system interconneciton matricies, *IEEE Trans. SMC,* Vol. SMC-14, No 3, pp. 545-550 (1984).
2）大内，栗原，加地：ISM の推移的結合における完全推論行列の考察，電気学会論文誌 C，Vol. 104, No. 5, pp. 15-22 (1984).
3）Ohuchi, A., Kurihara, M. and Kaji, I.: An efficient procedure for transitive coupling in ISM, *IEEE Trans. SMC,* Vol. SMC-15, No 3, pp. 426-431 (1985).
4）大内，栗原，加地：2項関係理論による知識獲得ツールとしての階層構造分析法，電気学会論文誌 C，Vol. 107, No. 2, pp. 135-140 (1987).
5）大内，栗原，加地：擬順序関係の含意を求める効率的アルゴリズム，電気学会論文誌 C，Vol. 106, No. 6, pp. 16-22（昭61）.
6）Ohuchi, A., Kurihara, M. and Kaji, I.: Implication Theory and Algorithm for Reachability Matrix Model, *IEEE Trans. SMC,* Vol. SMC-16, No 8, pp. 610-616 (1986).
7）加瀬，大内，加地：可到達行列の修正理論とアルゴリズム，電子情報通信学会論文誌 A，Vol. J70-A, No. 10, pp. 1418-1423 (1987).
8）大内，河野：システム計画構築技法の新展開，電気学会雑誌，Vol. 108, No. 1, pp. 21-28 (1988).
9）大内，栗原，加地：知識構造モデリング法の構成と具象化ルール，人工知能学会誌，Vol. 5, No. 3, pp. 69-76 (1988).
10）加瀬，大内，加地：可到達行列モデルのスケルトン行列更新アルゴリズム，電子情報通信学会論文誌 A，Vol. J72-A, No. 1, pp. 74-79 (1989).
11）Ohuchi, A. and Kaji, I.: Correction Procedures for Flexible Interpretive Structural Modeling, *IEEE Trans. SMC,* Vol. SMC-19, No 1, pp. 85-94 (1989).
12）大内，加地：ファジイ ISM の具象化フェーズにおける相互連関行列の効率的生成アルゴリズム，電気学会論文誌 C，Vol. 109-C, No. 10, pp. 747-752 (1989).
13）大内，栗原：FISM による合意モデル構築支援，情報処理学会論文誌，Vol. 32, No. 2, pp. 256-264 (1991).
14）大内，水野，岡野：FISM による集団合意形成支援：新規事業開発への利用，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 36, No. 11, pp. 557-561 (1991).
15）若林，大内：ファジィシステム構造行列の推移的結合，情報処理学会論文誌，Vol. 33, No. 5, pp. 620 (1992).
16）若林，大内：ファジィ構造モデリングにおける推移的結合問題の特殊解，ファジイ学会論文誌，Vol. 5, No. 5 (1993)（印刷中）.
17）遠藤，大内：統合型発想支援システム：FISM，人工知能学会誌，Vol. 8, No. 5, (1993)（印刷中）.
18）大内，遠藤，中村：FISM/KJ：FISM と KJ 法の融合，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 38, No. 10 (1993)（印刷中）.
19）Tazaki, E., Amagasa, M.: Structural Modeling in a Class of Systems Using Fuzzy Sets Theory, *International Jounal for Fuzzy Sets and Systems,* Vol 2. No 1, pp. 1-17 (1979).
20）杉山：発想支援のためのインタフェース研究発想系情報学に向けて，国際研シンポジウム報告書，pp. 223-241 (1991).

21) J. N. Warfield: Societal System-Planning,Policy and Complexity, Jhon Wiley (1976).
22) 川喜多二郎：発想法，中公新書(1967).
23) 水本：ファジイ理論とその応用，サイエンス社，(1989).