

TM-0682

研究分野地図に基づく研究開発の
計画と推進支援システム

戸田 光彦, 平石 邦彦(富士通)

February, 1989

© 1989, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

研究分野地図に基づく研究開発の 計画・推進支援システム

富士通株式会社・国際情報社会科学研究所

戸田光彦、平石邦彦

【論 文】

研究分野地図に基づく研究開発の 計画・推進支援システム

戸田 光彦* 平石 邦彦**

昭和63年3月最終原稿受理

研究開発の計画と推進のために、対象分野に関する情報の構造化を一貫して行う方法論と支援システム(RDSS: Research Decision Support System)を提案する。RDSSを使った計画と推進では、断片的な研究開発情報をニーズ・シーズの視点で評価・分類し、シソーラスに体系化して、データベースに蓄積する。次に、ニーズ・シーズの間の関係を統合して、研究分野地図と呼ぶ階層グラフの形でカラーグラフィック・ディスプレイに表示し、対象分野の全体像を把握する。さらに、波及効果を基準として、地図上で研究開発パスを選択する。提案するシステムを試作し、文献情報を使って実験を行い、その有効性を確かめた結果を報告する。

1. はじめに

わが国の国際競争力を維持・向上するための新技術の研究開発がますます重要性を増し、技術立国のビジョン[1]等にもとづく研究開発重視の論調が各所で見られる。従来は海外に存在する先行研究・技術を後追いする研究開発が比較的多かったのに対して、今後は、わが国が先行して研究開発を行う比重が増加することが予想される。このような新技術の開発では、先例が存在しないので、研究開発のニーズの把握と適切なシーズの発見・評価が不可欠になる。

最近のように研究開発に関する情報が大量に流通するようになると、研究開発者が、多くの情報から有用な情報を選択し、適切に位置づけて蓄積・利用し、研究開発課題の方向づけを行うことが負担になってきている。

本論文では、研究開発分野に関する断片的な情報にもとづき、テーマ間の関連を示す地図の形でその分野の動向を体系化し、研究開発の計画を支援する方法を提案する。さらに、それにもとづいた情報システムを試作し、実験を行った結果を述べる。この

方法では、次の三つのステップで情報を逐次構造化する。

- (i) 情報の評価・蓄積・体系化: ある研究分野に関連する各種の断片的情報をニーズとシーズの視点で評価・分類し、シソーラスの形で体系化してデータベース(以下ではDBと略記する)に蓄積する。
- (ii) 研究分野地図の作成: ニーズとシーズの関連を階層グラフ(研究分野地図)の形式で表示し、それらの関係の全体像を把握する。
- (iii) 研究開発パスの評価・選択: 地図上で、研究開発テーマの重要度を評価し、それにもとづいたパス選択を行うことにより、研究開発の推進ステップを計画する。

このような機能を実現する情報システムは、研究開発に関する意思決定を支援するシステムと考えることができるので、Research Decision Support System(RDSS)と呼ぶ。提案するシステムは、RDSSの一つの事例であり、手続きが不明確な研究開発活動を明確にし、客観化することにより、計画と推進を支援する。

以下では、第2章で研究開発の計画と評価に関する従来の研究を議論し、著者らの視点を述べ、さらに、問題解決の観点から研究開発のニーズとシーズを議論する。第3章では、RDSSの機能の概要を記述

* Mitsuhiro TODA ** Kunihiro HIRAISHI
富士通株式会社・国際情報社会科学研究所
〒410-03 静岡県沼津市宮本140番地
Tel 0559-23-2222 内線5510または5566

し、第4章で実験結果について述べる。なお、本論文では、とくに断らない限り、「研究」と「研究開発」を区別しないで使用する。

2. 研究開発の計画・推進と情報

2.1 研究開発の計画と評価

一般の計画と同様、研究開発の計画を行うためには、研究開発活動や対象とする項目に関する情報の収集と評価が欠かせない。このとき、研究開発活動を外部から評価する評価者（管理者）の立場と実行する推進者の立場、という二つの立場がある。

研究開発の評価については、従来から多くの研究がある[2, 3, 4]。これらの研究では、活動と評価の時点にもとづく分類(事前/中途/事後評価)や研究開発課題の評価の方法(決定論的/経済論的/OR的評価法)などが議論されている。これらは、研究開発評価者の視点にウエイトがあり、評価の対象となる研究開発課題の提案(プロポーザル)や活動を記述する情報の存在を前提としている。

研究開発推進者の立場では、上記の評価に加えて、課題を立案する過程での評価(研究情報・アイデアの評価・整理と明確化、テーマの将来性、可能性の評価と方向づけ等)が欠かせない。これは、研究開発活動自体と不可分な作業であり、活動の成否を大きく左右する。この作業は、研究開発評価者へのプロポーザルを提出する以前の段階、および、その後の活動推進中の方向づけにおいてもつねに要請される。研究開発に関する情報の収集と整理の作業や、それらの情報にもとづく課題や活動の評価・位置づけ作業は、研究開発を進める事前/中途/事後を通し、一貫して行う必要がある。第3章で提案するRDSSの機能は、このような研究開発推進者の計画と推進の支援を主な目的とするものである。この立場からの研究は少なく、従来の研究成果と統合的に利用することにより、研究開発評価者にも有用なツールになる。例えば提案するRDSSは、研究評価制度に関して望まれている「研究位置同定型システム」[5]の一例として利用することができる。

2.2 研究開発に関するニーズ・シーズ情報

ある分野において研究開発活動を計画し、推進するうえで、その分野に対するニーズを把握し、波及効果が大きいシーズを発掘することは、重要な作業である。この作業は、未開拓な分野の研究を行う場合、とくに重要になる。

ここでは、研究開発を以下のような問題解決活動[6]と考えることにより、研究開発に関するニーズとシーズを考える。

- (i) 問題とは、目標と現状の差(ギャップ)であり、解決を要する事柄である。
- (ii) 問題解決とは、目標と現状のギャップを解消することである。
- (iii) 問題には、設定された目標に対して期待を外れた現状の原因を解決すべき発生型問題と、新しい目標を設定して意図的にギャップを作る設定型問題がある。

研究開発には、目標を設定する設定型問題の解決活動が多い。研究開発に関する情報は、このような問題解決の視点から整理することができる。研究開発の重要な成果であると同時に、情報源でもあるオリジナル論文を例にとりて、上記の考え方と対応づけると以下ようになる。

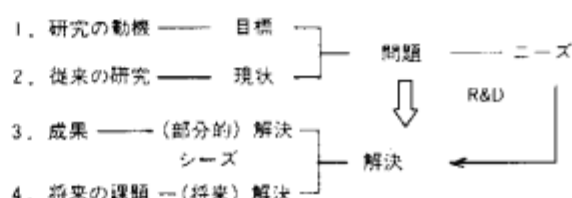


図1. オリジナル論文の4要素

オリジナル論文は、通常図1に示すように、1.研究の動機、2.従来の研究、3.成果、4.将来の課題、の4つの要素から構成されている。研究の動機は、社会的要請、未知分野解明の欲求等を含み、目標設定の動機を示す。従来の研究は、目標に対する現状を示している。この二つの差(ギャップ)の認識が研究における問題であり、研究のニーズである。研究開発のテーマ設定は、このニーズを問題として設定することである。実施された研究の成果は、通常、論文の中心テーマであり、設定された問題に対する解決を示しているが、部分的な解決であることが多い。この時には、普通、将来解決すべき残された課題が議論されている。したがって、各論文で報告されている成果は、問題解決の手段となるシーズである。上記4要素に対する重点の置きかたは、論文により異なり、例えば、問題提起(目標と現状)のみを目的とする論文もある。しかし、各種論文の内容は上記のような研究分野のニーズとシーズの視点で分類整理できる。このとき、ニーズやシーズを研究

分野に関するキーワードで表現し、それらを体系化することによって、その分野のニーズとシーズの全体像を把握することができる。

論文を例にとって研究情報の整理の仕方を議論したが、論文以外の研究情報も上記の要素に分類することができる。例えば、市場情報はニーズであり、数学理論はシーズである。

学術情報としての文献情報に着目した研究としては、文献の引用関係に基づく研究動向把握[7]や、文献からのキーワードの抽出と利用等、研究活動のための情報蓄積・検索に関する研究[8]がある。これらの研究は、文献がもつ情報を整理し、客観的な情報を提示するという点で、RDSSと共通している。

3. RDSS: Research Decision Support System

研究情報の収集・評価・整理・統合と研究対象分野に関する概念構築の作業、それにもとづく研究推進上の選択(方向づけ)は、研究者がつねに行う情報の構造化作業である。とくに、未開拓な研究分野では、関連分野における研究についての断片的情報を効果的に統合し、構造化する機能が、探索的に研

究を推進する際に必要になる。このような困難に対処する一つの方法として、図2に示す研究分野地図と支援システムRDSSを提案する。

図2の各ステップの機能概要を以下に述べる。なお、RDSSは問題解決支援環境KORE[9]のデータベースサブシステムを使って実現している[10]。

3.1 情報の評価・蓄積・体系化支援機能

研究開発分野に関して収集された断片的情報(図2の研究開発関連情報)を評価・分類し、蓄積する機能である。対応するRDSSのサブシステムは、二つのDB群からなる、図3のような研究情報体系化データベース作成支援システムである。

このシステムは、一般の文献DBが持つ機能(図3の情報源DBが一般の文献書誌事項DBに対応する)に次のような情報の構造化支援の3機能を追加し、拡充したものである。

(i) ニーズ・シーズデータベース: 各情報源が提供する情報を、研究分野に対するニーズ項目とシーズ項目を表現するキーワードで分類し、蓄積する。さらに、情報源により、これらのニーズとシーズ項目を関係づける。例えば、

(ニーズ項目 n)—[情報源 i](シーズ項目 s)(1)
という断片的情報をニーズ・シーズDBに蓄積するこ

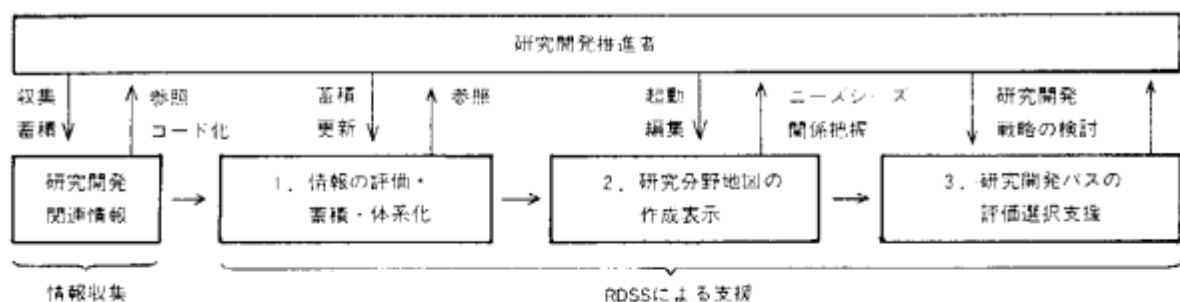


図2. 研究分野地図による情報の体系化と RDSS による支援

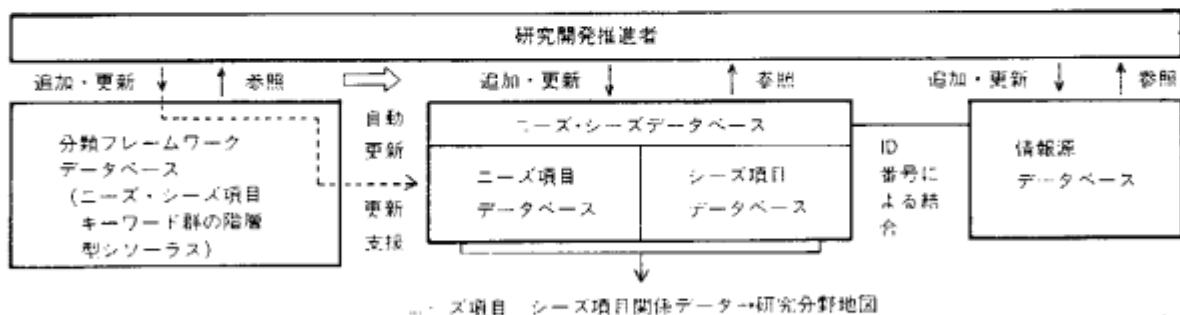


図3. 研究情報体系化データベース作成支援システムの構成

とによって、情報源 i がニーズ項目 n とシーズ項目 s に関する研究情報を提供することを蓄積し、さらに、シーズ項目 s がニーズ項目 n のために利用可能であることを抽出することができる(一つの情報源に対して複数のニーズ/シーズ項目が対応することもある)。これらのニーズ/シーズ項目は2.2節の考え方で抽出するが、とくに情報源がオリジナル論文の時は、図1の視点で行う。

このデータベースには、各情報源 i がニーズ項目 n とシーズ項目 s についての情報を提供する関連度

の5段階評価データも蓄積する。これは、提供される情報が情報源の主テーマであるか、副テーマであるかの評価を蓄積するためである。このデータは、研究開発推進者がニーズ、情報源、シーズで示す(1)のような情報を抽出し、DBに蓄積する時に、同時に評価し、蓄積する。これらは、DBから重要な情報、重要なニーズ/シーズ関係のみを抽出する時等に使用する。

(iii) 分類フレームワークデータベース：(1)で使用されるキーワード群をカテゴリーに分類し、研究分野



図4. 階層型シソーラスの例

を体系化するシソーラスをDBとして構築する。

一般の(大規模な)文献DBでは、シソーラスのディスクリプタとしてのキーワード、およびそれらの属するカテゴリーが(ある期間)固定されており(例[11])、文献の記述内容はこれらのキーワード群から選定されている。一方、キーワードを自由に選択できるDBでは、キーワードを体系化するのが難しい。

RDSSが主に扱うのは未開拓な研究分野である。このような分野では、詳細なキーワードからなる分類フレームワークが始めから存在しているわけではなく、情報源を入力しながら、追加・修正を繰り返して構築していく操作が必要になる。キーワードを適切にカテゴリーに分類し、キーワード群による概念の階層構造を示す分類フレームワークを構築することにより、その分野に関する重要な研究項目・テーマを体系化し、的確に把握することができる。

ニーズ・シーズDBに(1)のデータを追加する時には、分類フレームワークDBを参照し、シソーラスからニーズ・シーズ項目を選定するが(図3の□)、対象とする情報源の内容を適切に表現するキーワードがシソーラス中に存在しない場合には、シソーラスへのキーワードの追加、既存のキーワードの変更等が必要となる。この時、シソーラスの変更に伴い、蓄積されているニーズ・シーズDBの内容を更新する必要がある。

これらの要請に応えるため、シソーラスの変更に伴い、システムがニーズ・シーズDBを自動更新(ま

たは、更新に必要な情報をユーザーに提供)するようになっている(図3の点線部分)。この機能により、ニーズ・シーズDBの蓄積に並行してキーワードが蓄積・体系化され、研究分野の範囲を前ページ図4のような階層型シソーラスで明確にしていけることができる(階層構造の構成は研究開発推進者が自身の視点により決定する)。図4は、後述する実験(第4章)で対象とする「意思決定支援システム(DSS)」分野のシソーラスの一部を示したものである。

④ 情報源データベース：情報源の属性を格納するDBである。ここでは、研究開発に関する代表的な情報源である文献情報を例として述べる。文献情報の場合、タイトル、著者、出典などの書誌事項が属性として蓄積される。各文献は必ず固有のID番号を持ち、これは、ニーズ・シーズDBとの結合時にキーとして用いられる。対象とするニーズ・シーズDBが大きくなる程、ニーズとシーズの関係が単調に増大して、研究分野地図が複雑になり、ユーザーがその全体像を把握するのが困難になる。このため、蓄積した多分野の情報源DBの一部を使って、焦点を絞った全体像を提示する機能が必要になる。情報源DBが持つデータをニーズ・シーズDBと結合して操作することによって、以下のような選別機能を実現できる。

- 各文献を「重要、普通、当面不要」の3段階に評価するデータを情報源DBに蓄積し、重要文献のDBにもとづく全体像を構成する。
- 論文の掲載されたJournalを限定すること等により、対象分野を限定する。

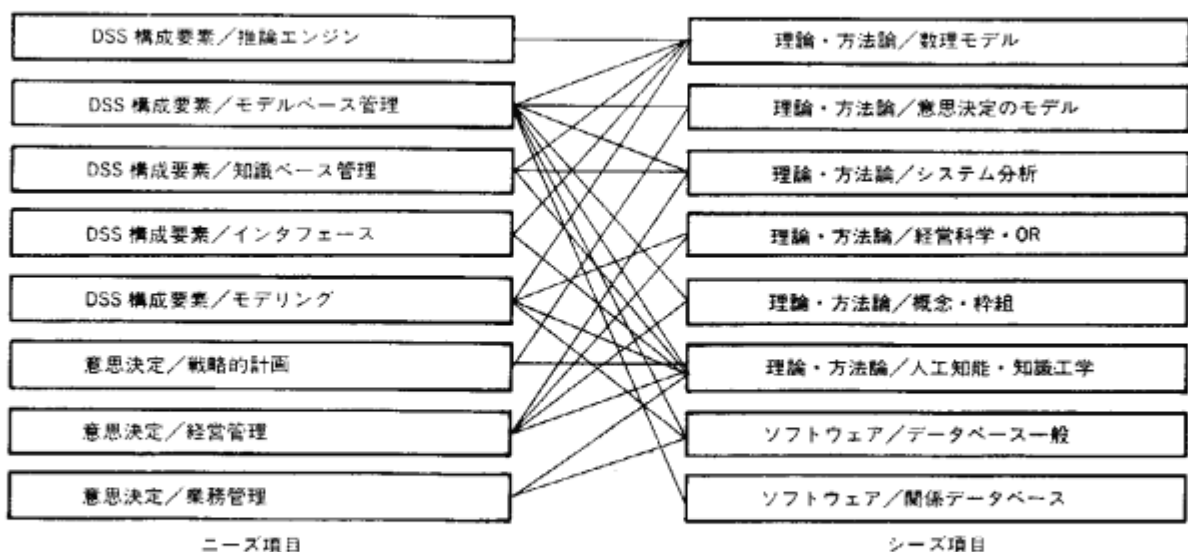


図5. ニーズ項目とシーズ項目の二項関係

c. 発表時期により選別し、研究の変遷、蓄積を調べる。

ニーズ・シーズDBと分類フレームワークDBは、DBMS (DB管理システム) を使って蓄積するので、データベースと呼んでいる。しかし実際は、研究開発推進者が自身の知識を使って情報源から抽出し、構築した知識であるので、知識ベースである。なお、文献以外の各種の情報源 (例えば、専門家がもつ知識など) についても、ニーズ・シーズの視点で分類することで、文献情報と同様に扱うことができる。

3.2 研究分野地図の作成表示機能

ニーズ・シーズDBのデータを入力として、研究分野のニーズ・シーズ間の関係を示す研究分野地図を作成し、カラーグラフィック・ディスプレイ上に表示する。

図4の分類項目が研究分野のニーズとシーズの全体を示している。これらの項目の間の関係は、ニーズ・シーズDBに蓄積された(1)の関係データを集約することによって、例えば、前ページ図5のような二項関係の集まりとして表現できる。

図5において、ニーズ小項目3.4.6 (図4参照) 「DSS構成要素/推論エンジン」とシーズ中項目4.6 「理論・方法論/数理モデル」が枝で結合されていることは、これらの項目を同時に扱う情報源が存在することを、(1)の「情報源」を省略して示している。

図5は、複数のニーズ項目に対して、共通のシーズ項目が利用可能であることを通して、それらのニーズのための研究開発には相互に波及効果があることを示している。このニーズ間の関係をより明瞭に表示するために視的Qアナリシス (VQA; Visual Q-Analysis) [12, 13] の方法を適用すると、図6、図7の二つの研究分野地図が得られる。

図6、図7は、ニーズ節点の縦軸上のレベルにより、そのニーズに寄与するシーズの数を示し、各ニーズの他のニーズとの関連の強さを、共通に利用可能なシーズ項目の多さ (共有関係) を尺度として、枝により結合された節点で示す (上のレベルで結合しているニーズ群間関連が強いことを示している)。図6は、複数のニーズに共通に利用可能なシーズとその組み合わせを網かけのある節点で明示的に示している。例えば、レベル7の「モデルベース管理」のニーズとレベル4の「モデリング」のニーズは、共にレベル3の網かけした節点に結合しているが、その節点は「数理モデル」、「DBMS」、「AI (人工知能・知識工学)」の三つのシーズが共通に利用可能であることを示している。図7は、このようなシーズの共有関係の連鎖によるニーズ同士の結びつきの強さを、枝が結合する節点のレベルの高さで示している。図7は、図6のニーズ群を関連樹木図の形で集約的に表現する地図であり、これにより全体像を容易に

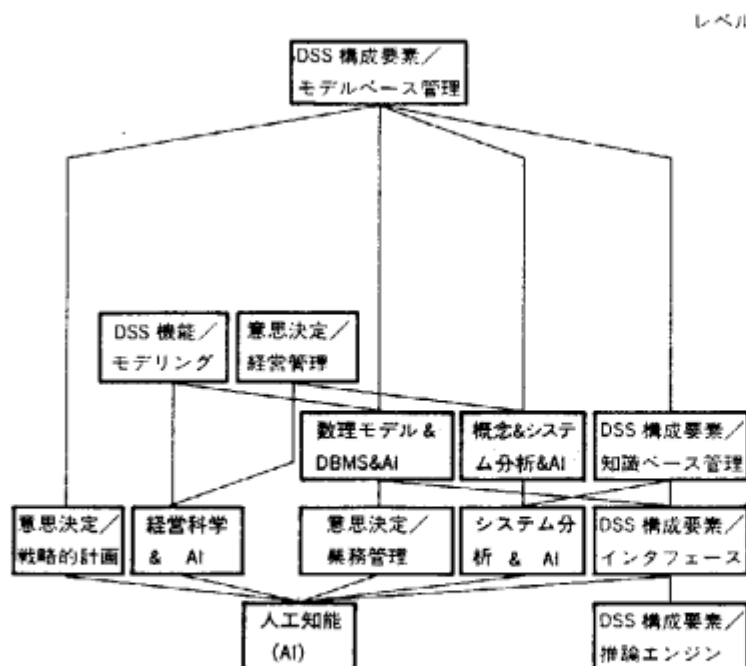


図6 研究分野地図I

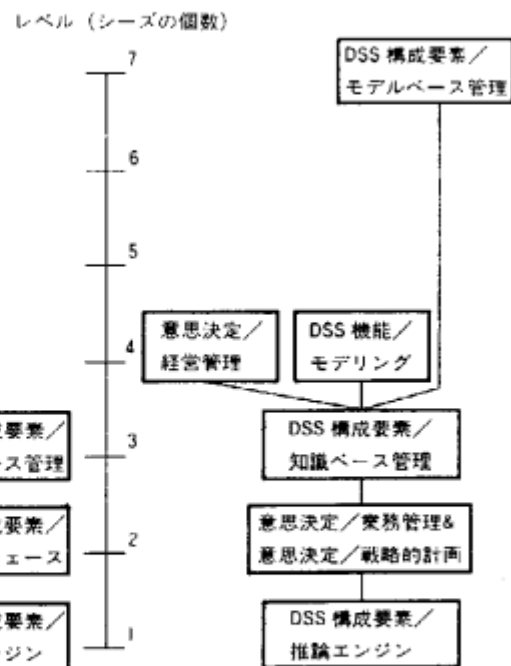


図7 研究分野地図II

把握できる。

3.3 研究開発パスの評価選択支援機能

研究分野地図Ⅰ（図6）は、あるニーズを充足するためのシーズ群の研究開発が他のニーズのための研究開発に及ぼす波及効果を示している。この効果を考慮した研究開発戦略を検討するために、システム化計画法[12, 13]を図6に適用することができる。この方法は、他の方法や実際上の制約をユーザーが考慮して研究開発戦略を立案する際に、波及効果の視点からの計画支援機能を提供する。以下に方法の概要を述べる。

システム化計画法では、ニーズの重要度を評価する指標として、波及効果の大きさをあらわす合心率を用いる。合心率が大きいほど、そのニーズのための研究開発の（使用されるシーズを共有するニーズを通した）波及効果が大きいことをあらわす。さらに、各ニーズに対し重要度を与えたとき、各シーズ

とその組み合わせの効用を定量的に評価する指標として、効用指標を用いる。効用指標は図6から得られる階層グラフにおいて、まず、上位のニーズ節点に対して効用（合心率）を与え、その効用値を下位節点につながる枝に分配し、下位節点の効用を上位節点からつながる枝の効用値の和として与えることにより計算される。これらの指標により、各ニーズやシーズ（とその組み合わせ）の重要度を評価し、研究分野地図上の開発パスの選択を行う。RDSSでは、このシステム化計画法を研究開発テーマの選択に利用し、重要度の大きいニーズを通るパスを選択していくことにより、研究開発の順序を決定する。

4. 文献情報を入力とするRDSSの試作・実験

4.1 実験の概要

第3章で述べたRDSSを試作して、「意思決定支援システム（DSS）」分野の研究開発を検討するための

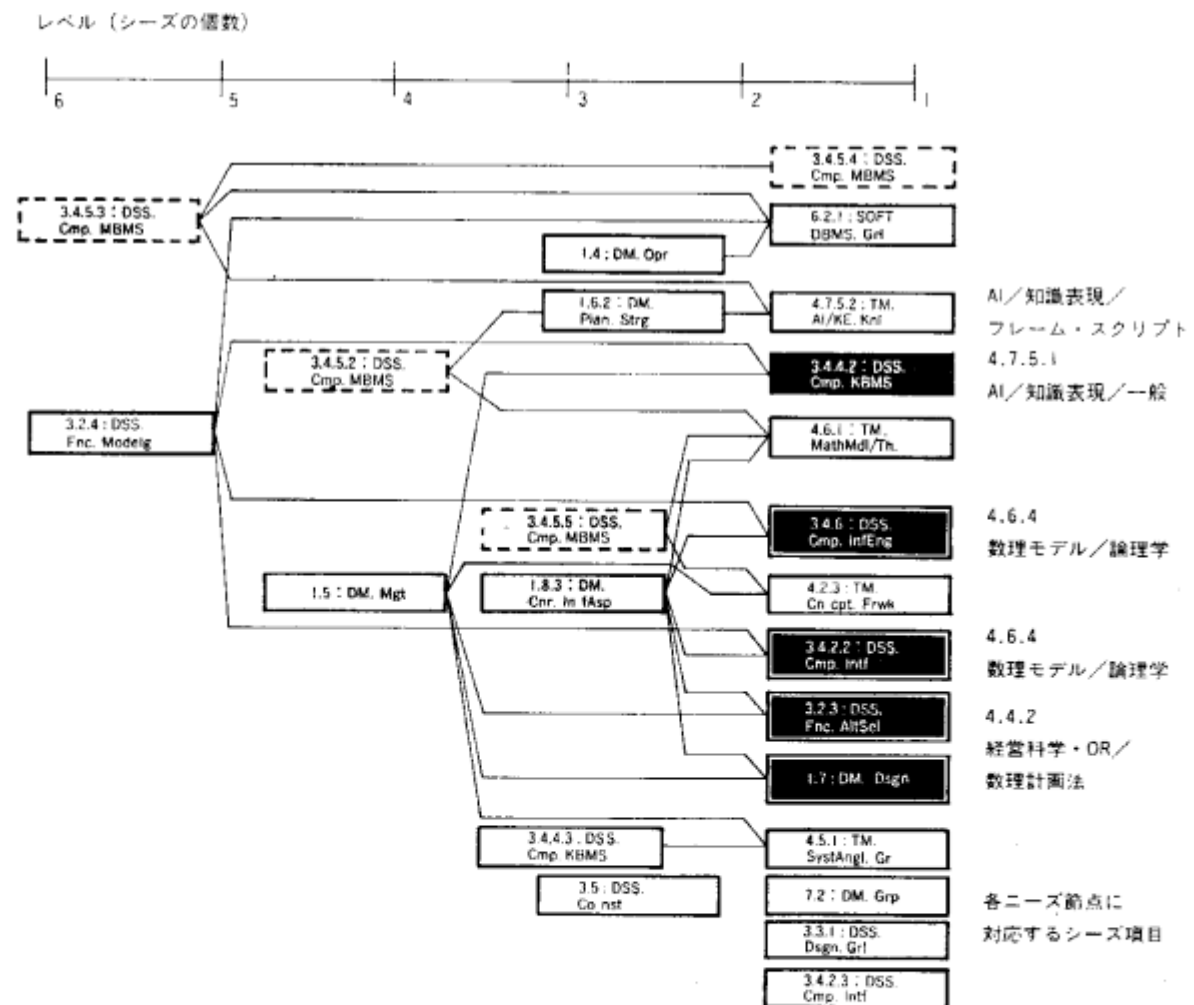


図8. DSS 分野の研究分野地図Ⅰ

実験を行った。DSS研究が未開拓な研究分野[10]であることが、この実験を行った動機である。実験では、DSSに関する専門誌である*Decision Support Systems*に掲載された論文(1986年分の25件)を情報源として使用した。得られた結果の概要を以下に述べる。

4.2 実験結果と知見

ニーズ・シーズDBにVQAを適用した結果得られた研究分野地図Ⅰを図8に示す。図8の項目番号は、図4の分類フレームワークの階層構造で最下位の項目の番号に対応し、キーワードは図4に示すものを用いている。図8の節点は、背景が濃いもの程効用指標が大きいことを示す。図8の基となったニーズ・シーズDBの項目を集約し、注目すべきニーズ・シーズ関係のみを編集して得られた研究分野地図Ⅰ、Ⅱが図6、図7になっている(例えば、図8では分類して表示されている図4の詳細項目#1の3.4.5.2~3.4.5.5は、図6では集約されて、図4の小項目3.4.5を示すDSS構成要素/モデルベース管理となっている)。図8では、右端のレベルは対応シーズが1のニーズ(またはシーズ自体)を示し、左に向かうにつれて対応シーズの数が1ずつ多くなる。

図6~図8を観察することにより、以下の知見が得られる。

- (i) ニーズとしてモデルベース管理システム(MBMS; 3.4.5.2~3.4.5.5; 図8の破線枠の節点で示す)を主題とする論文が圧倒的に多い。とくに、モデル表現(3.4.5.3; レベル6)に最も関心が集まっている。これは、図6でDSS構成要素/モデルベース管理(3.4.5)が最も高いレベルであることで集約表示されている。また、関連するDSSのモデリング機能(3.2.4; 図8でレベル5)もニーズとして多く取り上げられている。
- (ii) シーズとしては、数理計画法(4.4.2)の利用が最も多く論じられ、次には、論理学(4.6.4)が論じられている(図8の右端の二重線枠の節点群で示す)。これらのシーズの利用が多く提案されていることは、効用指標の計算値が図上の節点のうちで最も大きいことで確認できる(背景が最も濃い節点群)。RDSSでは、このような評価結果をカラーグラフィック・ディスプレイ上で多色表示を工夫して、ユーザーに分かり易く表示している。
- (iii) 図6では、最下位のレベルにある人工知能の

シーズが経営科学、システム分析、DBMS等と組み合わせることでDSSの各種ニーズに利用できることが、これらのシーズ節点間、およびニーズ節点とのつながりから読み取れる。これは、現在DSS分野でAIへの期待感が高まり、従来考えられていた経営科学のモデルやDBMSと合わせてDSSを高度化しようという論文(研究)が多くなっている動向を集約して示している。

図6~8より、上記のような知見の他に、ニーズやシーズの関係の枝を辿ることにより、さらに詳細な知見も得られる[10]。この段階では、単一の論文誌の1年分の論文のみが情報源であるので、DSS研究の限られた情報を観察しているにすぎない。しかし、通常研究者が論文誌をざっと通読することによって脳裏に描く研究動向のイメージが、これらの図により明確になる。さらに、今後の情報を追加する時に、既存の情報が正確かつ柔軟に利用可能な形でシステムに蓄積されている効果は大きいであろう。

情報源が小さいため、分類フレームワークDB(現在、ニーズ54項目、シーズ55項目を登録)が未整備である。今後、情報源を広げ、文献以外の研究情報も加えることによって、シソーラスを整備する計画である。それにより、キーワードの記述内容も一層具体的になり、研究の方向づけ、さらには、システム化計画法による研究開発パスの検討が有意義になるものと思われる。

5. おわりに

研究開発の計画と推進を支援するシステムRDSSを提案し、その概要と試作・実験結果を述べた。このシステムは、対象分野の外部情報、推進者の活動の進捗情報の蓄積に伴って状況を把握し、変化・発展する研究開発活動をダイナミックに方向づけるツールとして有用である。また、グループで研究開発を行う場合のグループ内のコミュニケーションのツールとしても利用できる。

本論文で扱ったような断片的な関係情報を統合して全体像を把握し、計画・推進を支援する方法では、素材となる個々の情報の具体性・信頼性が結果の成否に大きく影響する。RDSSにおいても、情報源から抽出するニーズ・シーズ関係情報の信頼性を向上させるためには、使用するキーワードと分類フレームワークの確立が必要である。それには、研究開発推

進者の試行錯誤による概念構築作業が必要であり、この作業を容易にする方向で、RDSSの支援機能を拡充していく予定である。具体的には、図4のような分類フレームワークをキーワード群から構築するための支援方法論、分類フレームワークDBやニーズ・シーズDBから同義・類義のキーワードを検索するための、意味を考慮したキーワードマッチング機能の実現、等が今後の重要な課題である。

本研究は、第五世代コンピュータ・プロジェクトの一環として行われたものである。

参考文献

- [1] 通商産業省産業構造審議会編、80年代の通産政策ビジョン、通商産業調査会、(1980)
- [2] 研究評価特集、オペレーションズ・リサーチ、28(11)、520-557(1983)
- [3] 日本能率協会、戦略的研究開発の評価と意思決定、216(1982)
- [4] 金子太郎、研究開発の理論と手法、ダイヤモンド社、456(1971)
- [5] 西岡秀三、国立研究所の研究評価制度—研究位置同定システムのすすめ—、[2]の545-551
- [6] 佐藤允一、問題の構造学、第1章、ダイヤモンド社、189(1982)
- [7] 北川敏男、推測過程論、第6章、共立出版、356(1984)
- [8] 島内武彦、北川敏男、広域大量情報の高次処理、第6部、東大出版会、1253(1977)
- [9] T. Shintani et al., KORE: A Hybrid Knowledge Programming Environment for Decision Support Based on a Logic Programming Language, E. Wada, Logic Programming '86 (Lecture Notes in Computer Science No. 264), Springer, 22-33(1987)
- [10] 戸田光彦、平石邦彦、黒川伊保子、情報の構造化に基づく意思決定支援、情報処理学会研究報告、87(81)、情報システム17-5(1987)
- [11] JICST 科学技術用語シソーラス、日本科学技術情報センター、849(1975)
- [12] 戸田光彦、杉山公造、システム化技術開発計画の評価技法、富士通国際情報社会科学研究報告、11号、51(1983)
- [13] K. Sugiyama and M. Toda, Visual Q-Analysis (I) and (II), Cybernetics and Systems, 14(2), 185/251(1983)