

TR-391

技術伝播知識に基づく
研究開発プロジェクト群の評価支援システム

片山 佳則、戸田 光彦 (富士通)

June, 1988

©1988, 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

技術伝播知識に基づく

研究開発プロジェクト群の評価支援システム

A Support System for Evaluating R & D Projects

Based on Knowledge of Technological Propagation

カ ヤ マ ヨ シ ノ リ
片 山 佳 則

ト ダ ミ ツ ヒ コ
戸 田 光 彦

Yoshinori Katayama

Mitsuhiko Toda

International Institute for Advanced Study
of Social Information Science (IIAS-SIS)

FUJITSU LIMITED

140 Mitamoto, Numazu-shi Shizuoka, 410-03 Japan

A Support System for Evaluating R & D Projects Based on Knowledge of Technological Propagation

For making effective evaluation of R & D activities, we must give careful considerations on technological propagation as well as direct economical benefits. The evaluation of technological propagation requires experts' judgments based on knowledge of technological trends. Based on such judgments, they can effectively evaluate plans and activities of R & D projects. Methods for supporting the evaluation can only be established by accumulation of case studies.

In this paper, we propose a support system for evaluating R & D projects. It focuses on technological propagation among projects, and supports experts' evaluative decisions on a group of projects. It provides a fundamental framework for knowledge processing, which we obtained through a case study. The framework consists of knowledge on technological effects for deriving the propagation of technology, and knowledge of category relations for extending the scope of propagation. We apply this system to R & D projects for energy-saving technology, and present results for evaluating their benefits in terms of technological propagation.

This system has supporting functions of two levels. In the basic level, it processes knowledge on technological effects and associated propagation rules, and integrates project information to construct extensive networks of technological propagation. In the extended level, the system additionally uses knowledge of category relations of technology. The knowledge contains that of technological transfer, and that of technological level transfer. They enable extending the above propagation rules, and provide system's functions for evaluating R & D projects.

The fundamental framework and propagation rules proposed in this paper can not only be utilized for evaluating R & D projects, but also for developing knowledge base systems for other purposes.

KEYWORD

R & D project evaluation, mechanisms for knowledge processing, network of technological propagation, technological propagation rule

要旨

研究開発活動の効果は、経済的直接効果だけでなく他分野等への技術伝播関係、発展方向を十分に考慮する必要がある。従って、複数の研究開発プロジェクトを効果的に計画、実施するための評価には、技術動向等の知識に基づく専門家の技術伝播の評価が必要である。この評価活動を支援する方法は、その評価対象が多方面にわたることから、本質をとらえて実現するために、事例研究の積み重ねにより適切な方法を確立することが必要である。

本論文で提案する評価支援システムは、研究開発プロジェクトに関する情報の中で、特に技術の伝播関係に注目し、専門家が行うプロジェクト群全体の広範な評価を支援するものである。その基本的枠組みは、事例について分析することで得られた、二種類の技術伝播の知識、すなわち、技術の移転や移行を導く技術波及の知識とこの知識の適用範囲を広げるためのカテゴリの関係知識である。このシステムを省エネルギー技術開発プロジェクト群の事例に適用した結果、技術伝播に注目した評価として、有効な支援情報が得られたことを示す。

提案する評価支援システムは、知識処理機構を利用して、次の2つのレベルの機能を提供する。(i) 広範な技術伝播のネットワークを作成し、プロジェクト情報を整理・統合して利用するレベル、(ii) 対象とする技術をカテゴリに分類し、それらの関係知識を用いて、技術の伝播関係の評価を行うレベル。レベル(ii)では、広義の意味で発見的な探索、プロジェクト評価が可能のように、評価対象を拡大する技術移転知識や技術レベル移行知識を活用した伝播規則を与え、システムの評価支援機能を強化している。

本論文で提案する知識処理機構の枠組みや伝播規則は、研究開発プロジェクトの評価に限らず、一般の知識ベースシステム構築にも利用できるものである。

1. はじめに

研究・技術開発プロジェクトの評価は、ほとんどが専門家の経験的判断に頼っている。この判断を支援するために、プロジェクトや課題等を個々に分析する方法が、提案されている^{1)・2)}。しかし、研究や技術の相乗効果を促すための評価には、プロジェクトの対象とする新技術・新知識が他のプロジェクトとどのような伝播関係にあるかという、互いの影響を広い範囲にわたって探索することが重要である^{3)・4)}。この場合、プロジェクトのコストや直接的効果、及び内部構成や機能を詳細に分析した情報ばかりでなく、開発された新技術の伝播による間接的効果等を考慮する必要がある。これらの技術伝播効果は、他の研究開発プロジェクトや技術動向とも関係するため、特に広範な情報・知識を必要とする。このような評価には、知識情報処理システムによる効果的な支援が期待される。

本論文では、研究開発プロジェクトの技術伝播関係に注目し、専門家が行うプロジェクト群全体の評価と意思決定を支援する方法を提案する。これに基づいた評価支援システムは、伝播関係を柔軟に探索するための処理機構を、知識ベースを用いて実現する。このシステムは、技術伝播の知識を知識ベースとして持ち、プロジェクト間の関連を発見的に探索し、評価する活動をサポートする。本論文では、この評価支援システムの適用事例として、省エネルギー技術開発プロジェクト群を取り上げ、その適用結果を示す。

2. 評価支援システムの情報と知識

本論文で提案する評価支援システムは、知識ベース

として二種類の技術伝播の知識，すなわち，技術の移転／移行を導くための技術波及の知識と，この知識の適用範囲を広げるためのカテゴリの関係知識を持ち，それらにより知識処理機構を実現している．カテゴリの関係知識は，評価対象となる技術をカテゴリに分類し，カテゴリ間に想定される技術の伝播関係を利用して，プロジェクト間の技術伝播を発見的に評価するための知識である．システムは，知識処理機構によって，複数の研究開発プロジェクトを技術伝播の観点でネットワーク化する．さらにシステムは，プロジェクト間の広範な技術移転や技術のレベル移行関係を踏まえて，各計画の有効性の評価を支援する．この評価支援システムの処理機構をFig. 1に示す．

以下では，評価支援システムが知識処理機構を実現するために必要とする情報と知識を3タイプに分類し，それぞれについて議論する．

【タイプ①】プロジェクトに関する基本的な情報

【タイプ②】各プロジェクトから引き出せる技術波及
の知識と基本伝播規則

【タイプ③】対象分野に関して専門家が持っているカ
テゴリの関係知識

タイプ①は，専門家が各研究開発プロジェクトから抽出しなければならない．タイプ②の技術波及の知識は，タイプ①の情報を用いて，評価支援システムが構築する．その知識に対して基本伝播規則が得られる．タイプ③は，知識ベースの核となる知識であり，専門家の知識を追加できる．評価支援システムが持つ知識処理機構の基本は，タイプ②の基本伝播規則を，タイプ③のカテゴリの関係知識を用いて，技術連結規則，技術移転規則，さらには，技術のレベル移行規則へと

拡張し、技術伝播の関係について、より柔軟な検索や発見的探索を行うことである。

本論文で示す技術伝播のための様々な規則は、120にのぼる省エネルギー技術開発プロジェクト群⁵⁾から選びだした、35のプロジェクトを対象にして導いたものであるが、これらは一般に、他の研究開発プロジェクトに対しても適用できる。

2. 1 プロジェクトに関する基本情報

各プロジェクトに関する情報は一適用産業分野、機能、目的、技術の概念、開発(研究)目標、効果、開発期間、開発コストなどで代表される⁵⁾。

このようにタイプ①に対しては、様々な基本情報が得られる。本論文では、技術伝播の観点から、プロジェクト情報の中で、特に開発目標(現状の技術レベルから見た目標との技術的な差であり、技術バリアと呼ぶ)と波及効果(効果の一部であり、開発された技術の移転・移行可能性である)を取り上げる。さらに、各プロジェクトが対象とする技術を明確にするために、技術分類を情報として加える。技術分類は、そのプロジェクトの対象とする技術を明らかにするだけでなく、タイプ③のカテゴリの関係知識を獲得するためにも重要な役割を担う。

2. 2 技術波及に関する知識

これは、タイプ①の情報(技術バリアと波及効果)から構築される技術の関係を表す知識である。

各研究開発プロジェクトの技術バリアと波及効果の関係は、次の一般形で表記できる。

$$P_n: B_{n1}, B_{n2}, \dots, B_{ni} \rightarrow E_{n1}, E_{n2}, \dots, E_{nj} \quad (i, j \geq 1) \dots (1)$$

P_n : プロジェクト(n はプロジェクト番号), B_{ni} : 技術バリア, E_{nj} : 波及効果である。記号($\rightarrow$)は、「左辺の

技術バリアを克服することにより右辺への波及効果が得られる」関係を意味している。

以下では、プロジェクト P_n に対する技術バリアを B_n 、波及効果を E_n で代表させ、 $P_n : B_n \rightarrow E_n$ と簡略化し、基本パターンと呼ぶ。

タイプ①のプロジェクト情報を、この基本パターンに代入し、技術波及の知識を構築する。評価支援システムは、この知識を結合し、他のプロジェクトとの技術伝播関係を導く。

技術波及の知識の結合は、プロジェクト P_m の波及効果 E_m が別のプロジェクト P_n の技術バリア B_n と技術的に同じ内容である($E_m = B_n$)と専門家が判断した場合に行われる。各プロジェクトにおいて、 E_m は開発により導かれる技術であり、 B_n は必要技術であるから、 E_m から B_n への技術伝播が考えられる。この技術伝播関係により、プロジェクト間の技術伝播の方向($P_m \rightarrow P_n$)が決まる。この結合によって、プロジェクト P_m の技術バリアを克服して開発される新技術が、プロジェクト P_n の技術バリア克服のために役立つことがわかる。これが、技術伝播を導く基本的な規則である。

<<基本伝播規則>> —————

プロジェクト $P_m : B_m \rightarrow E_m$ と $P_n : B_n \rightarrow E_n$ において、 $E_m = B_n$ ならば、 E_m から B_n への技術伝播関係により、プロジェクト間の技術伝播 $P_m \rightarrow P_n$ が導かれる。これは、最終的に、 $B_m \rightarrow E_n$ という伝播関係を導くものである。

—————

この規則は、プロジェクト群のネットワークを構築する原理的な規則である。

2. 3 カテゴリーとその関係知識

本節で示す知識は、基本伝播規則を拡張し、広範な

技術伝播関係を検討する知識である。この知識の基本は、技術バリアと波及効果を分類し、蓄積するためのカテゴリである。このカテゴリをベースにして、技術移転知識や技術レベル移行知識を導く。これらの知識をカテゴリの関係知識と呼ぶ。

カテゴリは、技術分野と技術要素のマトリックスで表現される (Fig. 2 参照)。各技術分野は、さらに細かい技術課題項目に分類される。タイプ④のプロジェクト情報の技術分類を、技術課題として追加することにより、この項目が拡張される。技術要素は、各要素項目に分類される。これらの技術課題項目や要素項目を以後まとめて技術項目と呼ぶ。技術要素に関しては、要素／統合関係によるレベルがある。このレベルごとにカテゴリを作成する。Fig. 2 では、材料技術をカテゴリ A、機器／システム技術をカテゴリ B としているが、材料／機器／システムのそれぞれの技術について要素／統合関係のレベルを与えられる。

本研究では、初期の知識として、文献⁶⁾にあるまとめ表およびプロジェクトデータを参考にして技術項目を選定した。これは、事例として取り上げた省エネルギー技術開発プロジェクトの技術バリアと波及効果が分類できるように筆者が選んだものである。

作成されたカテゴリは、熱エネルギー関係の材料技術に関する Table 1 と機器／システムに関する Table 2 である。以下では、各技術項目で分類される Table の枠を技術要素課題 S と呼ぶ。Table 内の技術要素課題には、数字で技術バリア (上段) と波及効果 (下段) を表示している。各数字はプロジェクト番号であり、この番号は、文献⁵⁾のページを対応させている。

技術移転知識は、各カテゴリ内での技術要素の共通

性に基づく相互利用の知識であり、それのみでは技術伝播の方向が決まらない。しかし、探索空間を広げるためには、重要な知識である。その領域に応じて以下の3種類がある。3種類とも、技術要素課題 S_A と S_B に含まれる技術は、相互に利用可能である。

$S_A = S_B$: S_A と S_B は同じ技術要素課題である。

(Fig. 2 の α) .

$S_A \approx S_B$: S_A と S_B は同一技術分野内で、同じ要素項目に属す。(Fig. 2 の β) .

$S_A \rightarrow S_B$: S_A と S_B は同一カテゴリ内で、同じ要素項目に属す。(Fig. 2 の γ)

技術レベル移行知識は、カテゴリ間にまたがる技術の統合利用の知識であり、レベル間の要素/統合関係に従う技術伝播の方向が規定される。

$S_A \triangleright S_B$: S_A と S_B はレベルが異なるカテゴリに含まれ、 S_A に属する要素技術を統合して S_B の技術の克服に利用できる (Fig. 2 の δ) .

技術レベル移行知識は、カテゴリ以外にレベル間の技術移行関係を示す知識が必要である。Table 1 と 2 に対応するこの例を Table 3 に示す。注¹⁾

また、カテゴリ内の一つの技術要素課題 S の表す範囲が広い場合、あるいは、そのデータ数が多い場合には、それらの間に新たな関係を持たせて記録できる²⁾。

注) Table 3 の数字と英字記号のペアは、各カテゴリの技術課題が数字であり技術要素が英字記号である技術要素課題 S を表している。

3. 技術伝播規則と適用例

本章では、タイプ②の基本伝播規則が、カテゴリの関係知識として整理した技術移転知識や技術レベル移行知識を用いて拡張される過程を、対象事例に対する分析と評価の例とともに論じる。ここでは、基本伝播規則が、新たな伝播規則1から4にまで拡張される。

3. 1 伝播規則1：技術連結規則

各研究開発プロジェクトの技術バリアや波及効果はすべてカテゴリに分類・格納されるため、プロジェクトが対象とする技術は少なくとも一つの技術要素課題 S に含まれる。これを用いることで、基本伝播規則の同一技術の条件 ($E_m = B_n$) を同じ技術要素課題 ($S_A = S_B$) という条件 (技術移転知識) で置き換えることができる。これにより、技術の共通性の判断を、評価支援システム側で行えるようになり、技術の連結として、次のように伝播規則の拡張ができる。

<< 伝播規則1 >> —————

波及効果と技術バリアの技術連結規則

$P_m: B_m \rightarrow E_m$, $P_n: B_n \rightarrow E_n$ において, $E_m \in S_A$, $B_n \in S_B$ とする。ここで, $S_A = S_B$ (同じ技術要素課題) ならば, 波及効果 (E_m) から技術バリア (B_n) への技術伝播によりプロジェクト間の技術伝播関係 $P_m \rightarrow P_n$ が導かれる。

—————

《適用事例1》

技術要素課題 $S_A (= S_B)$ を Table 2 : 「機器／システム技術」カテゴリにおける302h [太陽熱発電＊蓄熱装置] とする。

プロジェクト P58:「エネルギー自立住宅システム」

P62:「太陽熱利用蓄熱槽」

P210:「電力負荷平坦化発電用蓄熱器」

について、Table 2 から

波及効果：

E_{210} 「太陽熱利用の蓄熱に利用可能」 $\in S_A$ 、

技術バリア：

B_{58} 「蓄熱システム」 $\in S_A$ 、

B_{62} 「高効率蓄熱槽」 $\in S_A$

であるから、伝播規則1を適用すると、プロジェクト210からプロジェクト58やプロジェクト62に、技術伝播関係が導ける。

3. 2 伝播規則2：技術移転規則

条件の置き換えに、技術移転知識 ($S_A \approx S_B$, $S_A \leftrightarrow S_B$) を用いることにより、伝播規則1よりも広い範囲で技術の伝播関係を探索できる。

<<伝播規則2>>-----

波及効果と技術バリアの技術移転規則

$P_m: B_m \rightarrow E_m$, $P_n: B_n \rightarrow E_n$ において、 $E_m \in S_A$, $B_n \in S_B$

とする。ここで、(a) $S_A \approx S_B$ 、または、(b) $S_A \leftrightarrow S_B$ ならば、波及効果(E_m)から技術バリア(B_n)への技術伝播によりプロジェクト間の技術伝播関係 $P_m \rightarrow P_n$ が導かれる。

《適用事例2》

(b)の技術移転知識を用いた場合

Table 2 において技術要素課題 $S_A=404$ h [排熱利用*蓄熱装置] と $S_B=301$ h [太陽熱冷暖房*蓄熱装置] に分類された格納データに注目する。適用事例1の対象プロジェクトP58,P62,P210とP56:「家庭用トータルエネルギーシステム」,P250:「化学反応を用いる蓄熱システム」について、波及効果： $E_{250} \in S_A$ 、技術バリア： $B_{56} \in S_B$, $B_{58} \in S_B$, $B_{62} \in S_B$ が得られる。

ここで、 $S_A \leftrightarrow S_B$ であるから、伝播規則 2 (a)を適用すると、プロジェクト250からプロジェクト58やプロジェクト62に技術伝播関係が導ける(伝播規則 1 を S_A に適用すると、プロジェクト56にも伝播関係がある)。

3. 3 伝播規則 3 : 技術のレベル移行規則

これまでの伝播規則 1 や 2 は、基本伝播規則の条件に技術移転知識を用いて拡張している。本節と次節では、これらの伝播規則と異なり、技術レベル移行知識を用いることで、要素と統合のレベルにまたがる関係から、技術の伝播関係を発見する規則を検討する。

<< 伝播規則 3 >> -----

波及効果と技術バリアの技術のレベル移行規則

$P_m: B_m \rightarrow E_m$, $P_n: B_n \rightarrow E_n$ において、 $E_m \in S_A$, $B_n \in S_B$ とする。ここで、 $S_A \supset S_B$ ならば、波及効果(E_m)から技術バリア(B_n)への技術伝播と、さらに、レベル間の技術伝播によりプロジェクト間の強い技術伝播関係 $P_m \rightarrow P_n$ が導かれる。

伝播規則 2 までの条件では、技術伝播の方向づけは、波及効果(E_m)から技術バリア(B_n)への伝播情報だけで決定していた。伝播規則 3 では、この技術伝播の方向づけに加えて、カテゴリ間が要素／統合の関係として明確な伝播方向を持つため、これまでの結果に比べて、技術伝播の方向づけが明確になる。

3. 4 伝播規則 4 : レベル移行拡張規則

3.3節までの伝播規則は、プロジェクト間の結びつきの条件をカテゴリの関係知識(技術移転知識と技術レベル移行知識)を個別に用いて改良し、柔軟にしたものである。本節では、さらに規則の適用範囲を広げ、広範な技術伝播関係を得るために、これらの伝播規則

を組み合わせる規則を拡張する。

<<伝播規則 4>>-----

波及効果と技術バリアのレベル移行拡張規則

$P_m: B_m \rightarrow E_m, P_n: B_n \rightarrow E_n$ において、 $E_m \in S_A, B_n \in S_B$ とする。ここで $S_A \approx S_{A'}, S_B \approx S_{B'}, S_{A'} \supset S_{B'} (S_A \approx \supset \approx S_B)$ ならば、波及効果(E_m)から技術バリア(B_n)への技術伝播と、さらに、レベル間の技術伝播によりプロジェクト間の強い技術伝播関係 $P_m \rightarrow P_n$ が導かれる。

この規則は、技術の利用できる範囲を技術要素の共通性の観点で探索し、それらの中から技術レベル移行知識が持つ（レベル間の）技術伝播関係を探り、さらに伝播される技術について、その利用できる範囲を技術要素について探索するものである。

本章で提案した伝播規則 1～4 を用いることにより、波及効果と技術バリアのデータから、プロジェクト間の技術伝播関係を広範に、さらには、発見的に導くことができる。また、これらの伝播規則とは別に、カテゴリ内に格納されたプロジェクト情報の関係から、プロジェクトが持つべき波及効果を類推することも可能である⁷⁾。

4. 技術バリアに注目した技術伝播関係

本章では、タイプ②の基本伝播規則の改良を考える。その改良に基づき、カテゴリの関係知識を用いた拡張過程と適用結果をまとめる。

一般に研究開発プロジェクトには、全く新しい技術を開発するものや、在来の技術を統合したり、改良する立場のものなど様々なプロジェクトがある。対象と

するプロジェクトによっては、技術バリアは十分に検討されるが、波及効果ははっきりしないものや抽象的なキーワードで便宜的に考えられる場合が多い。したがって、これまでの規則のように技術バリアと波及効果を同等に扱って分析することは困難な場合がある。そこで、これらの場合でも研究開発プロジェクトを評価できるように、技術バリアに注目して、技術伝播関係導くことを検討する。

技術バリアは、プロジェクトの開発対象であるため、それ自身をプロジェクトの最小の波及効果と見なすことができる。したがって、式(1)と対比して、技術バリアだけの一般形が次のように表現できる。

$$P_n: B_{n1}, B_{n2}, \dots, B_{ni} \rightarrow B_{n1}, B_{n2}, \dots, B_{ni} (i \geq 1) \dots (2)$$

P_n : プロジェクト(n はプロジェクト番号), B_{ni} : 技術バリア

式(2)では、各技術バリア自身とその波及効果になっている。これは、Fig. 3のように、これまでの伝播規則1～4で基本にしていた関係構造Aを関係構造Bに置き換えることである。

この場合は、Fig. 3からもわかるように、これまでのように波及効果から技術バリアという技術伝播の方向づけを規定できない。基本的には、双方向と考えられる。しかし、ある研究開発プロジェクトに対して、互いに関係する技術を開発対象とする、他のプロジェクトを発見できる。これは、新たな視点で評価支援機能を提供するものである。さらに、この関係に対して技術レベル移行知識(▷)を用いることで技術伝播の方向が規定できれば有効な評価支援システムとなる。

この考えに基づく伝播規則がこれまでの伝播規則に対応して4種類規定できる。

4. 1 伝播規則5: バリア連結規則

技術バリアによる一般形(式(2))に対して技術移転知識($S_A = S_B$)を活用することで、プロジェクト間の技術バリアの連結関係を探索する規則が得られる。

<<伝播規則 5>> (伝播規則 1 に対応) — — — — —

技術バリアに注目したバリア連結規則

$P_m: B_m \rightarrow E_m, P_n: B_n \rightarrow E_n$ において、 $B_m \in S_A, B_n \in S_B$ とする。ここで、 $S_A = S_B$ (同じ技術要素課題) ならば、プロジェクト間には相互技術伝播関係 $P_m \leftrightarrow P_n$ が導かれる。

— — — — —

同一の技術要素課題 S に含まれている技術バリアは対象としている技術課題項目が同一で、同じ技術要素を対象にしていることから、共通性が高い。したがってこれらのプロジェクト間では、一方で克服された技術や成果を、他方に伝播できる可能性が十分考えられる。

《適用事例 3》

Table 2 において 301h [太陽熱冷暖房 * 蓄熱装置] を技術要素課題 S_A とする。適用事例 2 での対象プロジェクト P56, P58, P62 の技術バリアがこの技術要素課題に含まれており、 $(B_{56}, B_{58}, B_{62}) \in S_A$ である。

これに伝播規則 5 を適用すると、太陽熱の蓄熱に関する技術について、プロジェクト 56, 58, 62 の間で技術の相互伝播の可能性がある。

この適用結果のように、共通な技術バリアを持つプロジェクトが多数存在する場合には、その共通の技術バリアを取り出すことで、新しい要素技術的プロジェクトの計画を検討できる。これらの情報を示すことも評価支援の一つの効果である。

4. 2 伝播規則 6 : バリアの相互移転規則

技術移転知識 ($S_A \approx S_B, S_A \leftrightarrow S_B$) を用いることに

より、バリアの相互移転を広範に探索する規則が得られる。

<<伝播規則 6>> (伝播規則 2 に対応) ————

技術バリアに注目したバリアの相互移転規則

$P_m: B_m \rightarrow E_m, P_n: B_n \rightarrow E_n$ において、 $B_m \in S_A, B_n \in S_B$ とする。ここで、(a) $S_A \approx S_B$, または、(b) $S_A \leftrightarrow S_B$ ならば、プロジェクト間には相互技術伝播関係 $P_m \leftrightarrow P_n$ が導かれる。

—————

この相互技術伝播関係は、技術や成果を伝播可能な方向を限定できないが、より広い範囲で関係する技術を探索できる。これがプロジェクト評価の助けになる。

4. 3 伝播規則 7 : バリアのレベル移行規則

技術レベル移行知識 ($S_A \supset S_B$) を用いることで、技術バリア情報だけでも、技術伝播の方向を規定できる規則が得られる。

<<伝播規則 7>> (伝播規則 3 に対応) ————

技術バリアに注目したバリアのレベル移行規則

$P_m: B_m \rightarrow E_m, P_n: B_n \rightarrow E_n$ において、 $B_m \in S_A, B_n \in S_B$ とする。ここで、 $S_A \supset S_B$ ならば、技術レベル移行知識が持つ技術伝播の方向 (レベル間の技術伝播方向) によりプロジェクト間の技術伝播関係 $P_m \Rightarrow P_n$ が導かれる。

—————

この規則は、伝播規則 5 や 6 のように適用範囲を広げるだけでなく、技術や成果の伝播の方向づけができる点で有効な伝播規則である。

《適用事例 4》

Table 1 の 103a [排熱利用 * 潜熱蓄熱材] を技術要素課題 S_A とし、Table 2 の 301h [太陽熱冷暖房 * 蓄熱装置] を技術要素課題 S_B とすると、Table 3 より $S_A \supset S_B$ である。

ここで、適用事例 2 のプロジェクト P56, P58, P62 と
P54:「地域集中冷暖房蓄熱システム」
に対して、Table 1 から

技術バリア: B_{54} 「潜熱蓄熱材の開発」 $\in S_A$

Table 2 から

技術バリア: $\{B_{56}, B_{58}, B_{62}\} \in S_B$

である。これらに伝播規則 7 を適用すると、プロジェクト 54 からプロジェクト 56, 58, 62 に技術の伝播関係が導ける。

4. 4 伝播規則 8: バリアのレベル移行拡張規則

伝播規則 7 の適用範囲を広げるために伝播規則 6 と結びつけることで、さらに新しい伝播規則を導ける。

<<伝播規則 8>> (伝播規則 4 に対応) ————

技術バリアに注目したバリアのレベル移行拡張規則
 $P_m: B_m \rightarrow E_m, P_n: B_n \rightarrow E_n$ において、 $B_m \in S_A, B_n \in S_B$ とする。
ここで $S_A \approx S_{A'}, S_B \approx S_{B'}, S_{A'} \supset S_{B'} (S_A \approx \supset \approx S_B)$ ならば、レベル間の技術伝播によりプロジェクト間の技術伝播関係 $P_m \Rightarrow P_n$ が導かれる。

—————

《適用事例 5》

Table 1 の 100b [一般技術課題 * 断熱材] を S_A , 101b [太陽熱利用 * 断熱材] を $S_{A'}$ とし、Table 2 の 301h [太陽熱冷暖房 * 蓄熱装置] を S_B , 302h [太陽熱発電 * 蓄熱装置] を $S_{B'}$ とすると、各 Table より $S_A \approx S_{A'}$, $S_B \approx S_{B'}$ であることがわかる。また、Table 3 から $S_{A'} \supset S_{B'}$ となる。

ここで、適用事例 2 のプロジェクト P56, P58, P62 と、

P82:「冷蔵庫用高性能断熱材」

P96:「真空断熱高温調理器」

P98:「電子制御式高圧調理器」

に対して、Table 1 より

技術バリア：

$B_{82}:$ 「低温用高性能平板真空断熱材」 $\in S_A$ ，

$B_{96}:$ 「耐熱性材料の開発」 $\in S_A$ ，

$B_{98}:$ 「耐熱・耐久性のある断熱材の開発」 $\in S_A$ ，

Table 2 より

技術バリア： $\{B_{82}, B_{96}, B_{98}\} \in S_B$

である。したがって、これらに伝播規則 8 を適用すると、プロジェクト 82, 96, 98 からプロジェクト 56, 58, 62 に技術伝播の可能性が導ける。

5. 考察

第 3 章、第 4 章の伝播規則を適用することで、技術伝播に関するネットワークが作成される。そのネットワークの中で、適用事例として挙げた蓄熱に関する部分のネットワークだけを取り出したものが Fig. 4 である。プロジェクト 250 が蓄熱だけでなく熱輸送としての技術伝播が考えられることや、蓄熱装置の観点での技術伝播関係等が明確に示されている。さらに、プロジェクト 82, 96, 98 やプロジェクト 54 から蓄熱装置類のプロジェクト群に技術伝播の可能性があることが示されている。

このように、評価支援システムが提示する技術伝播規則の適用結果には、的を射ている有効なものだけでなく、専門家から見れば規則を適用するまでもなく明らかなものや、見当違いなものも含まれる場合がある。これらの結果は、タイプ③のカテゴリの関係知識の正確さに大きく依存している。この関係知識が専門家の描いている構成を反映していれば、伝播規則の適用結果として、広範な技術伝播情報が得られ、その専門家

が行う評価を効果的に支援できる。

本研究で取り上げた限られたプロジェクト群でも様々な評価結果が得られている。したがって、研究開発プロジェクトの数や対象とする専門領域を拡大させることで、専門家の技術伝播に関する評価活動において、支援システムの機能が十分発揮できる。第3章、第4章で規定した各伝播規則の一覧表をTable 4に示す。

6. まとめ

専門家が研究開発プロジェクトを評価する際に必要とする情報は、様々な観点から考えられるが、一般には、タイプ①に対応する各情報についての分析結果である。

提案した評価支援システムが、知識処理機構を使って、タイプ①と②の情報と知識から広範な技術伝播のネットワークを作成することを第2章で述べた。これは、プロジェクト情報を整理して利用するレベルである。さらに、第3章と第4章では、タイプ③のカテゴリとその関係知識により技術伝播の観点で発見的な探索・評価が可能なレベルにまで機能を高めている。このようにして、知識ベースを最大限に活用した伝播規則を規定し、評価支援システムの機能を強化している。それぞれの例からもわかるように、技術伝播に注目した評価としては、満足できる結果が示されている。提案した知識ベース利用を中心とした評価支援システムの枠組みは、研究開発プロジェクトに限らず、広く一般に利用できるものである。

今後は、プロジェクト情報の中で取り上げなかった情報、例えば、研究開発目標の困難さ、効果の度合、開発期間やコスト等と効果との比較による評価支援機

能を検討する。提案したシステムに、これらの機能を追加し、統合的な評価支援システムとしてさらに発展させる。

尚、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。

〔謝辞〕 熱心に討論し、数々の助言を下さった電総研エネルギーダイナミックス研究室の伊原氏、野崎氏、小山氏に感謝いたします。また、適切な指導をして頂いた富士通㈱国際研の榎本所長に感謝いたします。

〔参考文献〕

- 1) 日本能率協会：戦略的研究開発の評価と意思決定 (1982)
- 2) 日本オペレーションズ・リサーチ学会：オペレーションズ・リサーチ，特集 研究評価，Vol.28, No.11 (1983)
- 3) 伊原，小山，遠藤，野崎，阿部：省エネルギー技術の確立調査成果報告書，電子技術総合研究所，(1987)
- 4) 戸田，杉山：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所研究報告第11号，(1983)
- 5) 日本産業技術振興協会：これからの省エネルギー技術，(1983)
- 6) 勸エネルギー総合工学研究所：エネルギー技術データハンドブック(材料技術編，機器技術編，プラント技術編)(1985)
- 7) 片山，戸田：プロジェクト研究評価支援システム，日本ソフトウェア科学会第4回大会論文集，p.443 (1987)

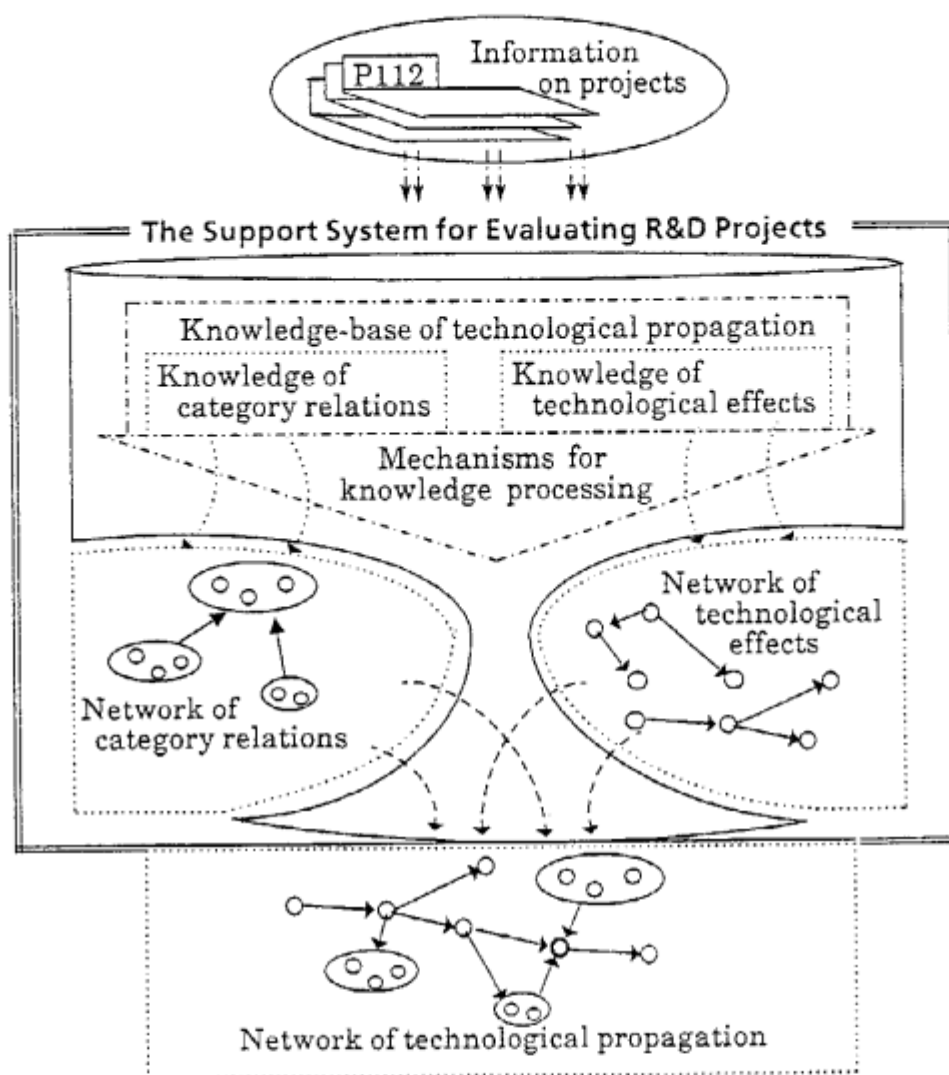


Fig.1 Processing mechanisms of the support system

Category A (Material)

Technological Field(T.F)		T.F. 1	T.F. 2
Technological Component (T.C)	Technological Subject (T.S.)	T.S. 1 T.S. 2	
	T.C. for Material	• • ...	T.S. 1 ...
Material Technology	T.C. 1	α ○	
	T.C. 2	γ	
	...	β ○	○

elemental

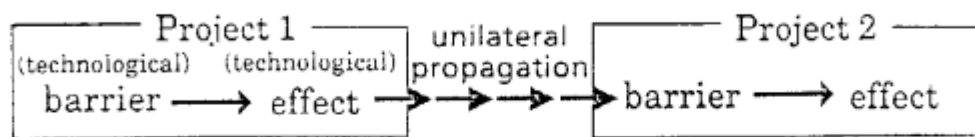


Category B (Equipments/Systems:E/S)

Technological Field(T.F)		T.F. 1	T.F. 2
T.C.	T.S.	T.S. 1 T.S. 2	
	T.C. for E/S	• • ...	T.S. 1 ...
E/S Technology	T.C. 1	○ →	
	...	○ →	○ →

Fig.2 Knowledge patterns of technological categories and their relations

Relational Structure A :



Relational Structure B :

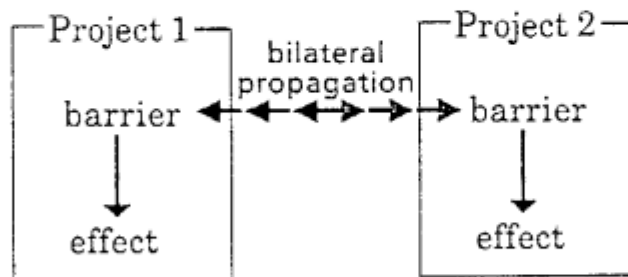


Fig.3 Relational structures of technological propagation

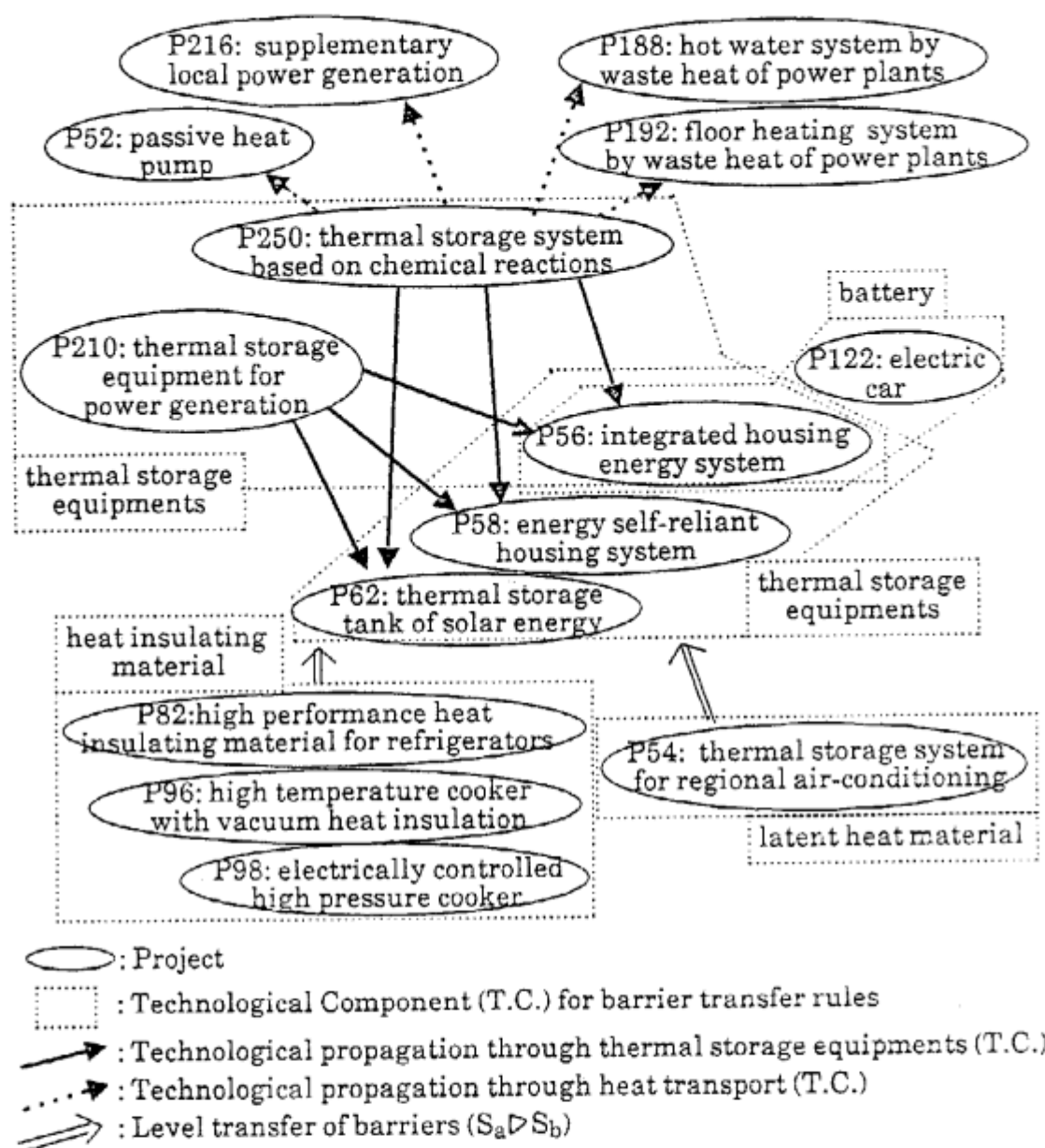


Fig.4 Network of technological propagation (a part)

Table 1 Material category

Category A (Material)

barrier/effect

Technological Component (T.C)	Technological Field		Natural Energy		Efficient utilization of Energy		Other
	T.C. for Material	Technological Subject	solar heat utilization 101	...	waste heat utilization 103	...	
material technology	(a) thermal storage material	latent heat	62 / -		54 / -		210 / -
		other	60 / -				
	(b) heat insulating material						82.96 / 98 -
	...						

Table 2 Equipments/Systems category

Category B (Equipments/Systems)

barrier/effect

Technological Component (T.C)	Technological Field	Natural Energy			Efficient utilization of Energy	
	Technological Subject T.C. for equipments/ systems	solar air-conditioning 301	solar power generation 302	...	waste heat utilization 404	...
equipments/ systems technology	...	...	...		...	
	(h) thermal storage equipments	56, 58, / 62 / 210	58, 62 / / 210		56 / / 210, 250	
	...	...	...		...	

Table 3 Knowledge of technological level transfer

$$S_A \triangleright S_B$$

Category A (material)	Category B (equipments/ systems)
Table 1	Table 2
1 0 1 a 1 0 3 a	3 0 1 h 3 0 2 h
1 0 1 b	3 0 2 h
. . .	. . .

Table 4 Relations of technological propagation rules
propagation rule based on the basic pattern

propagation rule No	Name	result	reasons for directing the propagation
1	connection rule	$P_m \rightarrow P_n$	① unilateral propagation from effect to barrier
2	transfer rule	$P_m \rightarrow P_n$	① unilateral propagation from effect to barrier
3	level transfer rule	$P_m \Rightarrow P_n$	① unilateral propagation from effect to barrier ② knowledge of technological level transfer
4	extended level transfer rule	$P_m \Rightarrow P_n$	① unilateral propagation from effect to barrier ② knowledge of technological level transfer

propagation rule No	Name	result	premises for directing the propagation
5	barrier connection rule	$P_m \leftrightarrow P_n$	bilateral propagation
6	barrier transfer rule	$P_m \leftrightarrow P_n$	bilateral propagation
7	level transfer rule of barriers	$P_m \Rightarrow P_n$	① knowledge of technological level transfer
8	extended level transfer rule of barriers	$P_m \Rightarrow P_n$	① knowledge of technological level transfer

propagation rule based on barrier relations

P_m, P_n : Project
 S : Component-wise subject

knowledge of category relations

knowledge of technological transfer	knowledge of level transfer
$S_A = S_B$	—
(a) $S_A \approx S_B$ (b) $S_A \rightarrow S_B$	—
—	$S_A \triangleright S_B$
$S_A \approx S_A'$ $S_B \approx S_B'$	$S_A' \triangleright S_B'$
$S_A \approx \triangleright \approx S_B$	