技術情報空間の構築と探訪の知的支援に関する研究

松尾 利行・武田 英明・西田 豊明

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

〒 630-01 生駒市高山町 8916-5, 電話:07437-9-9211(内 5316), fax:07437-2-5269

Email:{tosiy-m,takeda,nishida}@is.aist-nara.ac.jp

本研究では、論文等の技術情報から構築される技術情報空間を提案する。技術情報空間は、ヒューリステックな自然言語処理で得られる知識片ＫＰ（KnowledgePiece) を中心にして構成され、利用者が自由に探訪できるように、個々の技術情報の要約と複数の技術情報のサーベイ機能を持つ。この提案を具体化するために、金属材料論文を対象にしたプロトタイプシステム (METIS システム:METallurgy papers Intelligent Surveyor) を開発した。金属材料論文２９件に対して適用実験を行ない、金属材料の専門家から、システムの有効性の評価を得た。

情報探訪、技術情報空間、知識メディア

A study on intelligent support for construction and exploration of advanced technological information space

Toshiyuki MATSUO, Hideaki TAKEDA, Toyoaki NISHIDA

Graduate School of Information Science,

Nara Institute of Science and Technology

8916-5 Takayama, Ikoma, Nara, 630-01 Japan

Phone:07437-9-9211 ext.5316, FAX:07437-2-5269

Email:{tosiy-m,takeda,nishiad}@is.aist-nara.ac.jp

In this paper, we propose a new framework which we call Advanced Technological Information Space(ATIS). This framework supports intelligent information retrieval(i.e. information exploration). We identify intelligent support facilities for constructing and exploring ATIS. First we propose a notion of KP(knowledge Piece) which helps to semi-automatically construct ATIS. A KP is a knowledge chunk which can be made by heuristic natural language process. We can utilize KPs to summarize and survey technical information. We next developed an experimental system METIS(METallurgy papers Intelligent Surveyor) in metallurgy papers. The evaluation by metallurgy experts using 29 technical papers shows the effectiveness of our system METIS.

information exploration, advanced technological information space, knowledge medium

1　はじめに

近年、論文情報が電子化されるに伴い、論文誌をネットワーク利用して提供したりあるいは電子媒体で電子的に出版しようとする動きが顕著になっている [3]。あるいは、資料そのものを電子化しようとする電子図書館 [1] の試みがある。そのような環境の整備に伴い、電子的データベースを使った検索機能の導入など、これまで紙ベースの出版では得られなかった種々のサービスが提供可能になる。

そこで、電子化された論文から構成され、利用者が自由に探訪できるような技術情報空間を構築することを本研究の目的とする。

最初に、従来の学術情報データベースの問題点を明確にし、これを解決するために技術情報空間を提案した。技術情報空間に対する要求仕様を決めた。この機能を実現するために、技術情報空間の構築方法とその中を探訪する利用者に対する機能を検討した。

本研究では、この提案を具体化するために、金属材料論文を対象にしたシステム (METIS:METallurgy papers Intelligent Surveyor) を開発した。 METIS は、マークアップ言語（ＨＴＭＬ）で書かれている論文を入力として、技術情報空間を構成し、利用者に対する探訪機能として、論文の要約および論文のサーベイを出力することができる。

論文の要約としては、 (1) 論文内容の構造化による要約、 (2) 論文中の全図表のリンク結合による論文内容のマップ表現、 (3) 因果関係情報、 (4) 因果関係ネットワーク、 (5) 金属特性・要因間の因果関係の一覧表形式による表現、 (6) 因果関係の内容一覧、 (7) 図表情報のテーブル表現がある。ただし、 (2)(4) のみは現在まだ完全自動化はしていない。

また、複数論文のサーベイとして、 (8) 類似度による論文の空間配置、 (9) 類似度の説明機能、 (10) ３次元表示による因果関係の分布があり、これらはいずれも自動化されている。

本研究では、技術情報空間を構築するために、ＫＰ (KnowledgePiece: 知識片) という概念を導入した。ＫＰとは、弱い構造をもった知識メディア (Stefik[2]) 表現の１種で、カードサイズ程度の情報量を持つ知識のチャンクであり、中間知識表現として適度な粒度である。

プロトタイプを評価するために、１０件の論文で筆者がテストした後、１５件について知識ベースを無修正のままブラインドテストを実施し、金属材料の専門家から下記の評価を受けた。 (1) 論文内容のマップ表現は、理解を深めるのに効果が大きいが、表示上の工夫が必要である、 (2) 不適切な使用をしている専門用語がある、など多少の問題点はあるが、論文要約と論文サーベイは、文献の検索や理解を助けるのに効果が大きい。

2　背景

学術分野で、多様なデータベースが構築されてきた。従来型システムの問題点を明確にし、学術情報データベースに対する要求仕様を明確にする。

2.1　学術情報データベース構築に関する問題点

学術情報データベースを構築するためには、一次情報データと二次情報データの２つが必要である。一次情報データはオリジナルな情報であり、二次情報データはそのような情報への案内となる情報である。二次情報は、作成時の索引付けや抄録作成といった人手による作業があるため、登録に手間がかかり、コンピュータ記憶容量の低廉価と大容量化に伴い、一次情報が増加している。

2.2　学術情報データベース検索に関する問題点

学術情報の検索方法として、最も一般的な方法は、キーワードによる検索であり、自動的あるいは手作業により、得られたキーワードとのマッチング処理を行なう。しかし、近年はコンピュータ能力が向上した結果、フルテキストとのマッチング処理を行なうことが実現可能となった。しかし、いずれも、単純な検索であるため、

1. 検索された情報が多過ぎる（あるいは少な過ぎる）
2. コンピュータパワーが増加したが、フルテキストサーチの場合、検索に時間がかかる。
3. 類似語での検索ができない。
4. キーワードの付け方が問題である。
   著者がつけるキーワードが少ない。
   あるいはキーワードのない論文には、キーワードを付与する必要がある。
5. 検索されるのは論文、文献のような冊子であるが、必要とする情報の基本単位は、必ずしも冊子ではなく、章、節、文単位あるいは個々のデータである。
6. 利用者の検索特性や検索履歴を再利用できない。
7. １つの情報をさまざまな形式に変換して提示することはできない。
8. ある目的のために収集した学術情報をまとめたいが、現在の技術では実現できない。

のような問題がある。

3　技術情報空間の提案

本研究で、我々は技術情報空間を提案した。学術情報データベース利用に関する問題点を考慮して、技術情報空間に対する要求仕様を (1) レベル別の要約機能、 (2) 柔軟な質問応答機能、 (3) 論文内容の分割 及び 斜め読み機能、 (4) 複数のアクセスパスによる検索機能、 (5) 論文間の散策機能、 (6) 複数情報源のダイジェスト版作成機能、 (7) 類似研究検索機能、 (8) 研究動向提示機能とした。この機能を実現する

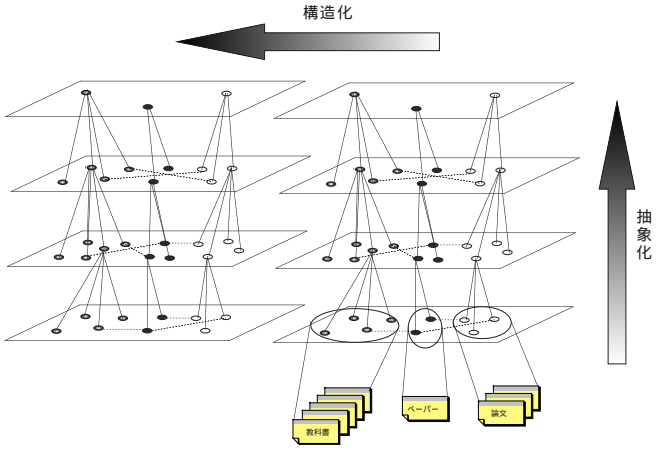

図 1: 技術情報空間

ための、技術情報空間の構築方法とその中を探訪する利用者に提供する機能を説明する。

3.1 技術情報空間の構築

テキスト情報をベースにして、抽象化、構造化の処理により知識片ＫＰを作成し、関連あるＫＰ間のリンク付けを行なうことで、技術情報空間を構築する (図 1参照)。

リンク付けについて、例をあげて説明する。

リンク付け　情報技術空間でのリンク付けは、他の情報源から抽象化あるいは構造化の過程で得られたＫＰの間に、関連があればリンクをつける。リンク付けは、以下の手順で行なう.

1. サーチ範囲の設定
   技術情報空間に登録されている情報源には、抽象化あるいは構造化により得られた要約情報があり、これとの類似度計算を行ない、類似している (と判断される) 情報源のみをサーチ範囲の対象とする。
2. 関連の有無判断
   (1) ＫＰ内に含まれている単語、 (2) そのドメインの用語体系の 2 つを用いて得られたＫＰ間の類似度で関連の有無を判断する。
3. 関連名の決定
   一般的に概念間の関連を列挙すると、表 1のようになる。関連のあるそれぞれのＫＰ内に含まれる単語間には、どの関連が適当かを判断し、付与する。

このリンクにより、情報技術空間の利用者は他の論文情報を容易に参照することが可能となる。

3.2 技術情報空間の探訪

技術情報空間内の知識片は、個々の情報源内では、抽象化、構造化により、リンクが付けられており、複数の情報源間では、関連のある知識片の間にリンクが張られている。利用者が、このリンクをたどることで、技術情報空間内を探訪することを可能にし、本節の始めに述べた技術情報空間に対する要求仕様の中で、 (1) レベル別の要約機能、 (2) 柔軟な質問応答機能、 (3) 論文内容の分割 及び 斜め読み機能、 (4) 複数のアクセスパス、 (5) 論文間の散策機能を実現できる。

表 1: 概念間の関係

項目	関係
1	上位・下位関係
2	部分・全体関係
3	原因・結果関係
4	順序関係
5	材料・生成物関係
6	目的・手段関係
7	現象・対策関係
8	性質・属性

また、技術情報空間の知識片を組み合わせて、得られた情報を提示することで利用者の情報探訪を支援し、 (6) 複数情報源のダイジェスト版作成機能、 (7) 類似研究検索機能、 (8) 研究動向提示機能を実現できる。

技術情報空間の探訪を支援する機能を具体的に検討するために、 (1) 個々の技術情報を処理加工することで提供でき

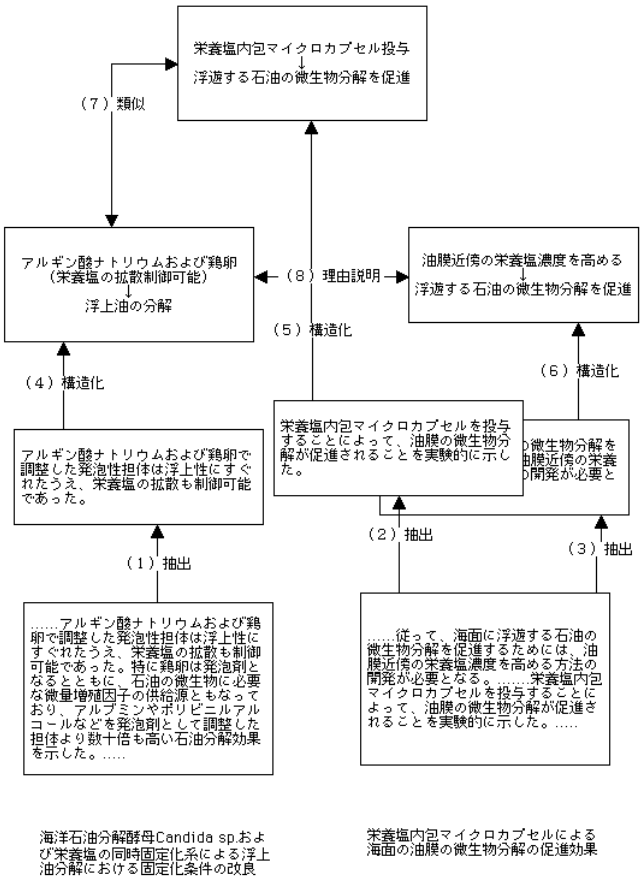

図 2: 技術情報空間の構築 (リンク付け)

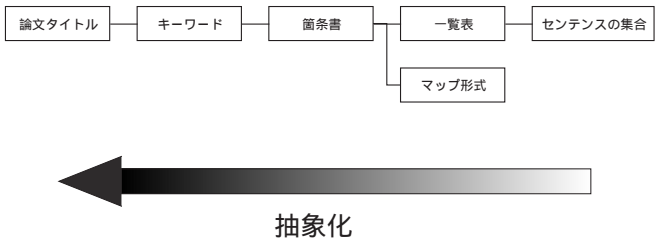

図 3: レベル別要約

る機能、(2) 複数の技術情報を統合することで提供できる機能に分けて検討した。前者を (1) 論文要約機能、後者を (2) 複数論文サーベイ機能としてそれぞれのサブ機能を述べる。

3.2.1 論文要約機能

要約方法にはいくつかのレベルが必要であり、最も詳細なレベルすなわちオリジナルな情報である「論文」と最も要約された「論文タイトル」の間でレベル別の要約方法 (図3参照) を検討した。また、文章によって表現される「論文」は線形であるが、それを記述する著者の思考は線形ではない。そこで、文章構造にとらわれない要約方法を検討した。

- キーワード
  数語程度のキーワードで論文内容を要約する。自動的にキーワードを抽出する方法としては、(1) 論文内に出現する専門用語の頻度分析による方法、(2) 次に述べる箇条書を要約する方法がある。
- 箇条書 (論文構造に基づく)
  例えば、学術論文は、問題解決型が多いため、その構造が次のようになっている。(1) 既知の事実やこれまでの研究成果をのべた後、問題点を明確にし、その問題を解くための本研究の研究課題について述べる。(2) 問題の解決のために、方法の提示を行ない、実際に適用した結果について, 実験結果の説明をする。(3) その結果に対して、妥当性を説明するために、理論的あるいは統計的方法を用いる.
  この構造に基づいて要約することが必要である。
- 一覧表
  箇条書 (論文構造に基づく) の内容を詳細に記述するものであり、例えば、項目間の関連がある。

  項目間の関連　元の情報源から抽出された知識片は、通常センテンスの集合である。個々のセンテンスを要約することで概念 (あるいはキーワード) が得られる。１つのセンテンスから、複数の概念が得られ、しかも (1) それらが比較的独立なカテゴリーに含まれ、(2) それらの概念間の関連が重要な知識となることがある。この項目間の関連を表現するのに、対象としているカテゴリーが n 個ある時、n 次元の表で、１つのセル内にどんな関連があるかを表現することは可能であるが、表現しづらい。従って、表現形式としては、(1) １つの関連単位で、どの概念とどの概念がどのように関連しているかを、一覧表で表現するか、(2) 最も重要なカテゴリーに含まれる概念に着目し、その概念に対してどの概念が関連しているかを一覧表で表現するか、(3) 2 次元空間上、１つの関連を矢印で表現するネットワーク形式のいずれかがが望ましい。
- 箇条書 (論文構造に基づかない)
  実験が主体の論文では、試行錯誤の実験を繰り返し行なった上で、論文が作成される。しかし、文章として表現されると、(1) 実験材料、(2) 実験方法、(3) 実験結果、(4) 実験結果に対する考察、の構造で記述されるため、その過程は表現できない。試行錯誤の過程を再現することは困難であるため、本研究では、論文の構造にとらわれず、ある実験の目的[1]に着目して、その目的ごとに (1) 実験結果、(2) 実験結果に対する考察の形式で要約することにした。
- マップ形式
  論文内に添付されている図や表は、論文内のは複数箇所参照されることがある。(1) １つの図あるいは表が、複数の場所で参照されると、「論文」は線形にしかその内容を表現できないため、参照されるつど読者は該当のページに移動する手間が発生する。(2) 図表が本文中のどこから、引用されているのかが分からない。(1)(2) により、論文内容を単時間で理解することが可能とするマップ形式で表現する機能が必要である。
- センテンスの集合
  元の情報源から抽出された知識片は、センテンスの集合である。各センテンスは、独立した内容を持っているので、出現した順に提示したとしても、利用者にとって理解しやすいとは限らない。そこで、利用者の理解を助けるように、視点に応じて分類して提示する。

3.2.2 複数論文のサーベイ機能

数１０件あるいは数１００件の論文を、人手でサーベイを行なう時、サーベイすべき論文かどうかの判断し、自分の研究内容と類似した論文を検索し、論文の傾向についてその分布状況を調査する。従って、複数論文のサーベイ機能として、(1) 論文の自動分類、(2) 論文の傾向の分布、(3) 類似論文の検索、を検討した。これを実現するために、前節で述べた個々の論文の要約である箇条書を使うことにする。個々の論文から得られた項目間の関係を使った、(4) 複数論文の統合による知識獲得、等についても検討した。

- 論文の自動分類
  論文タイトルは、論文目的を端的に表現している。論文タイトルから各々の要素のキーワードを (半) 自動的に抽出し、構造化することが可能である。この構造

[1] 例えば、物質のある特性を向上するための実験等

化された論文タイトルで論文を分類できる。また、次に述べる論文間類似度を用いて、複数論文を自動的にクラスターに分類し、各クラスターごとの特徴説明機能を提供する。

- 論文間類似度による空間配置
  箇条書形式で要約された論文内容を基に、論文間類似度を空間配置表現する。空間上で、近い位置に配置された論文は類似しており、離れた位置に配置された論文は類似していない論文であることを表現できる。従って、この空間配置から類似度についてあいまいな検索が可能となる。
- 項目間関係の分布
  個々の技術情報から得られた項目間関係に着目し、それらを集計することで、項目間関係の分布を表示する。これにより、技術情報の傾向が把握できる。
- 複数論文の統合による知識獲得
  個々の技術情報から得られた項目間関係を統合する、すなわち、項目間関係を統合することで、新しい項目間関係を導出し、あるいは項目間関係間の矛盾を導出することが可能である。

4 METIS システムについて

電子化された論文情報から技術情報空間を構築するために、金属材料論文を対象に論文の内部構造を分析した。その結果、この種の論文がかなり構造化されており、専門用語が出現する頻度が高いため、ヒューリスティックなテキスト処理により、技術情報空間を自動的に構築できる見込みが得られた。

そこで、技術情報空間を自動的に構築するために、ＫＰという概念を導入した。ＫＰとは、(1) 人工情報系 (コンピュータ), (2) 自然情報系 (人間) のいずれにも理解可能であり、かつ、弱い構造を持つ知識メディア表現の１つである。

ＫＰを使い、金属材料論文から技術情報空間を自動的に構築し、その空間の探訪を支援するシステム (METIS システム) を開発した。 METIS システムは、マークアップ言語で記述した論文を入力とし、(1) 論文からＫＰ作成部、(2) ＫＰから論文要約作成部, (3) ＫＰから論文サーベイ作成部から構成される。機能一覧を表 2に示す。

技術情報空間の探訪を支援する機能として、論文要約作成機能と論文サーベイ作成機能を以下に説明する。

4.1 ＫＰから論文要約作成

ＫＰを用いた技術情報空間から、(1) 箇条書、(2) マップ、(3) 一覧表、(4) センテンスの集合、の各形式で論文内容を要約する。この順に、論文内容を詳細に表現する。

1. 箇条書：論文内容の構造化による要約
   要約用のＫＰを使い、２種類の箇条書を作成した。

表 2: METIS の機能一覧

分類	機能	システム化
要約	論文内容の構造化による要約１	自動化 (図 4)
	論文内容の構造化による要約２	自動化 (図 5)
	図表のリンク結合によるマップ表現	半自動 (図 6)
	因果関係情報	自動化 (図 7)
	因果関係ネットワーク	手作業 (図 10)
	特性・要因間の因果関係の一覧表示	自動化 (表 3)
	因果関係の内容一覧	自動化 (表 4)
	図表情報のテーブル表現	自動化
サーベイ	類似度の２次元空間配置	自動化
	類似度の３次元空間配置	自動化 (図 8)
	類似度の説明機能	自動化 (表 5)
	３次元表示による因果関係の分布	自動化 (図 9)

- 論文内容の構造化による要約１ (図 4)
  (1)title, (2)authors, (3)affiliation, (5)literature, (6)date, (7)summarizer, (8)objective field, (9)purpose, (9)experimental procedure, (10)experimental result に構造化されている。この構造の中の特に、(9)experimental procedure, (10)experimental result を中心に、論文内容を要約した。

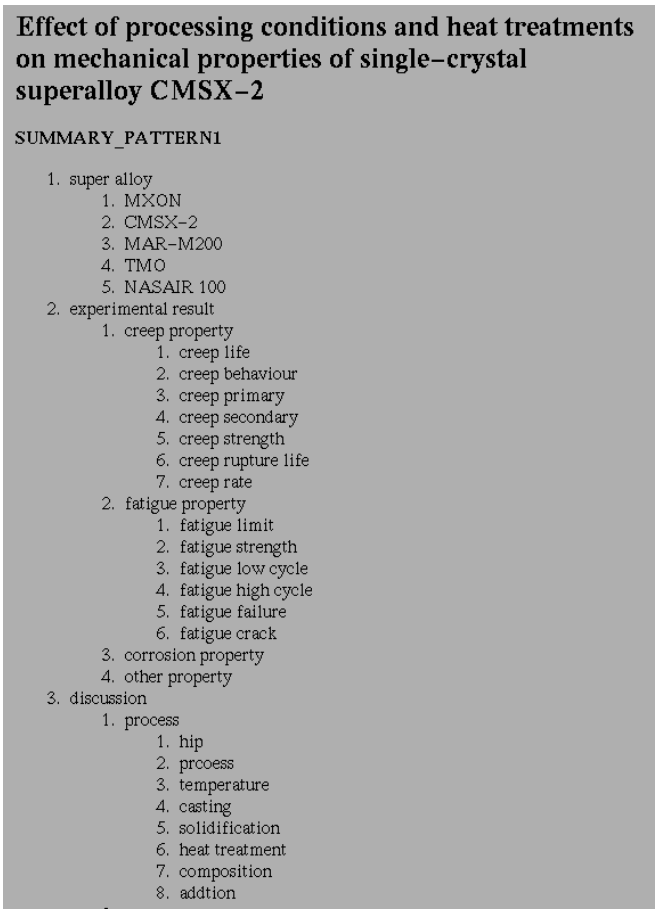

図 4: 論文の要約１

Effect of processing conditions and heat treatments on mechanical properties of single-crystal superalloy CMSX-2

SUMMARY_PATTERN2

1. super alloy
    1. MXON
    2. CMSX-2
    3. MAR-M200
    4. TMO
    5. NASAIR 100
2. creep
    1. creep property
        1. creep life
        2. creep behaviour
        3. creep primary
        4. creep secondary
        5. creep strength
        6. creep rupture life
        7. creep rate
    2. discussion
        1. process
            1. solidification
            2. heat treatment
        2. structure
            1. single crystal
            2. misfit
            3. precipitate
            4. pore
            5. dislocation
            6. homogeneity
3. fatigue
    1. fatigue property
        1. fatigue limit
        2. fatigue strength
        3. fatigue low cycle
        4. fatigue high cycle
        5. fatigue failure
        6. fatigue crack

図 5: 論文の要約 2

- 論文内容の構造化による要約 2 (図 5)
  金属材料論文の研究目的は、金属のある特性を向上することである。特性に着目し、その特性についてどんな実験をおこない、どんな実験結果が得られ、その原因は何であったかという観点から、論文内容を要約した。

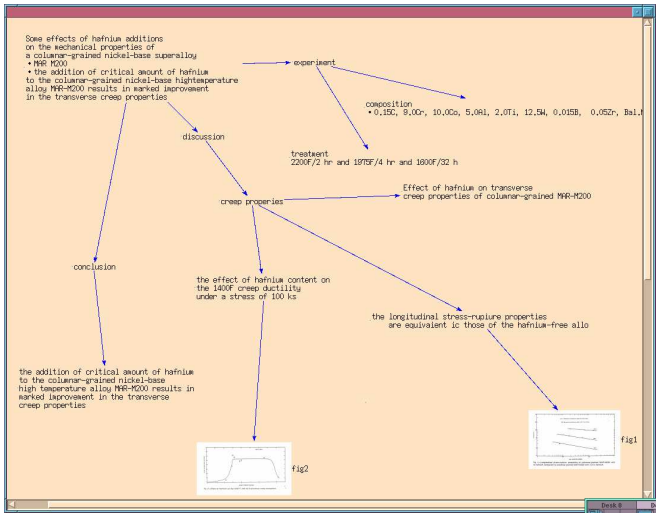

図 6: 論文中の全図表のリンク結合による論文内容のマップ表現

THE DEVELOPMENT AND CHARACTERZATION OF A HIGH PERFORMANCE EXPERIMENTAL SINGLE CRYSTAL SUPERALLOY

RELATION

1. creep
    1. life
    2. deformation
    3. elongation
        1. On the other hand, the elongation to rupture increases with the increasing cobalt concentration.
    4. strain
        1. This type of deformation is responsible for high primary creep and it retards a uniform strain hardening.
    5. strain rate
    6. behaviour
        1. A comparison of the creep behaviour of the fully heat treated alloys (solutioned 30 minutes) at 760℃ and 750 MPa shows an increase of both the primary and secondary creep rates with increasing cobalt content (Table3 and Fig.3).
        2. While analysing the creep behaviour of the MXON-7.5Co alloy, it should be recalled that the corresponding decrease in γ' size may play some role in facilitating γ' shearing and thereby contributing to inhomogeneous deformation.
        3. However, a comparison of the creep behaviour of MXON subjected to two different precipitation heat treatments resulting in two distinct γ' mean sizes (2000 and 3610A) shows that although the smaller precipitate size also promotes much higher primary creep rates, the extent of primary creep remains much lower than in the alloy contain 7.5% cobalt (Fig.5).
        4. A further investigation of the role of cobalt shows that the elimination of this element improves the overall creep behaviour in the temperature range 760-1050℃.
        5. The anomalous behaviour of MXON-7.5 Co alloy arises from the extended inhomogeneous {111} <112> slip during the very early stages of primary creep.
    6. mode
    7. primary

図 7: 因果関係情報

2. マップ：論文中の全図表のリンク結合による論文内容のマップ表現
   論文内の図及び表をすべて抽出し、参照関係を用いて、関連あるＫＰから結合する（図 6参照）。この部分はまだ完全自動化できていない。
3. 一覧表：金属特性・要因間の因果関係の一覧表形式による表現
   論文要約 (図 4参照) では、明示されていない要因と特

表 3: 金属特性・要因間の因果関係の一覧表形式による表現

	1	2	3	4	5	6	7
creep life	—	—	—	—	—	—	—
creep strain rate	—	—	—	—	—	—	—
creep behaviour	—	—	•	—	—	•	—
creep mode	—	—	—	—	—	—	—
primary creep	—	—	•	—	—	•	—
secondary creep	—	—	•	—	—	•	—
tertiary creep	—	—	—	—	—	—	—
creep strength	—	—	—	—	—	•	—
creep recovery	—	—	—	—	—	—	—
creep rupture	—	—	—	—	—	—	—
creep rupture life	—	—	—	—	—	—	—
creep test	—	—	—	—	—	—	—
creep rate	—	—	•	—	—	•	—

横軸

- 3:heat treatment(熱処理)
- 6: γ'(ガンマ相)
- 15:precipitation(析出)

表 4: 因果関係の内容一覧

処理	構造	特性
processed temperature	single crystal porosity	creep behaviour creep strength
process		fatigue behaviour
process temperature		fatigue properties low-cycle fatigue
	single-crystal grain boundary	
	single-crystal	fatigue strength
process processing condition heat treatment	microstructure single-crystal	fatigue strength
	γ / γ' eutectic dendritic spacing	
heat treatment composition	μ-phase lattice	

性の関連を表形式で表現している (表 3参照)。

一覧表の縦軸が金属特性であり、横軸が各々の特性に関して考察している要因である。表形式で表現しているため、どの要因とどの特性について考察しているかを明示できる。現在、 (1) 複雑な因果関係 (例. 中間仮説があるような因果関係) が表現できない, (2) 因果関係の程度や関係の仕方までは抽出されない。

4. 一覧表：因果関係情報の内容一覧

金属材料論文特有の因果関係を示す構造として、ある材料に対して、処理を施した結果、構造が変化し、そのため、特性が変化する。または、処理が直接的な要因となって、特性が変化する。この構造を利用して、因果関係を表現するセンテンスごとに、 (1) 関係情報、 (2) 処理特性、 (3) 構造特性、 (4) 材料特性に関する情報を抽出し、一覧で表示した (表 4参照)。

5. センテンスの集合：因果関係情報

原因と結果の関係を意味する英語の慣用句３０パターンを設定し、それらを含むセンテンスを因果関係情報として抽出し、 (1) 金属材料特性、 (2) 要因別に分類する。 (図 7参照)

4.2 ＫＰから論文サーベイ作成

各論文のＫＰを統合して、 (1) 空間配置, (2) ３次元分布の表現形式で論文サーベイを作成する。

1. 空間配置: 類似度による論文の空間配置

各論文の要約 (図 4参照) から、各項目 (材料、実験方法、実験結果、考察) 間で類似度を計算した後、それらを総和し各論文間の類似度とする。求めた類似度に多次元尺度構成法を用い、２および３次元上に類似度を空間配置する (図 8参照)。

空間配置は、明示的に論文の類似度を示すので、類似論文の検索が容易にできる。この空間配置で、利用者

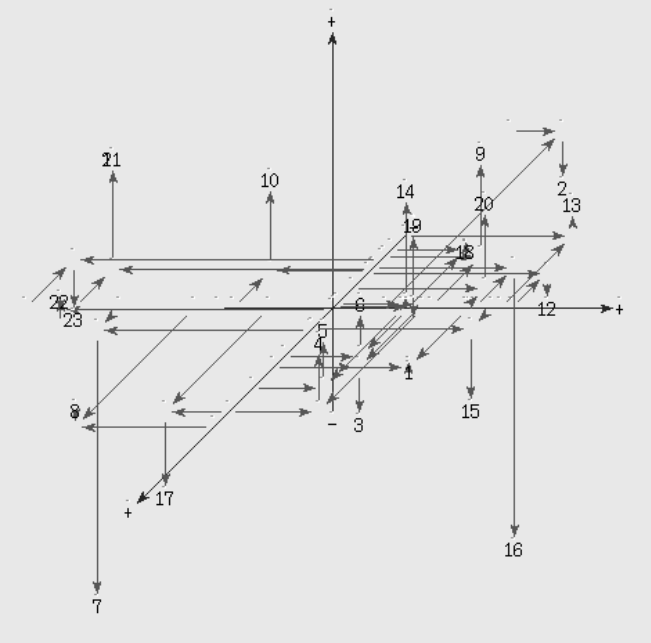

図 8: 論文間の類似度の３次元空間配置

が類似していると判断した論文について、その説明機能を提供する (表 5参照) 。

2. ３次元分布：因果関係の分布

金属特性・要因間の因果関係の一覧表 (表 3参照) を論文方向に集計する (図 9参照)。

金属のどんな特性を向上することを目的とした論文が多いかまた、何を要因として考察している論文が多いかを明示的に示す。

5 評価

１０件の論文からヒューリスティックな知識を獲得し、METIS システムを実装した。知識ベースを無修正のまま１

表 5: 類似度の説明

similarity of papers among 03 04 05 06

	金属材料	実験結果	考察
03,04	CMSX-2 NASAIR-100	creep rate creep strength	γ' misfit morphology precipitate single crystal
03,05	CMSX-2	creep behaviour primary creep creep rate secondary creep creep strength	γ' heat treatment lattice misfit morphology precipitate single crystal
03,06	CMSX-2 MAR-M200 NASAIR-100	creep life primary creep creep rate creep rupture secondary creep creep strength	γ' lattice misfit porocity precipitate single crystal solidification

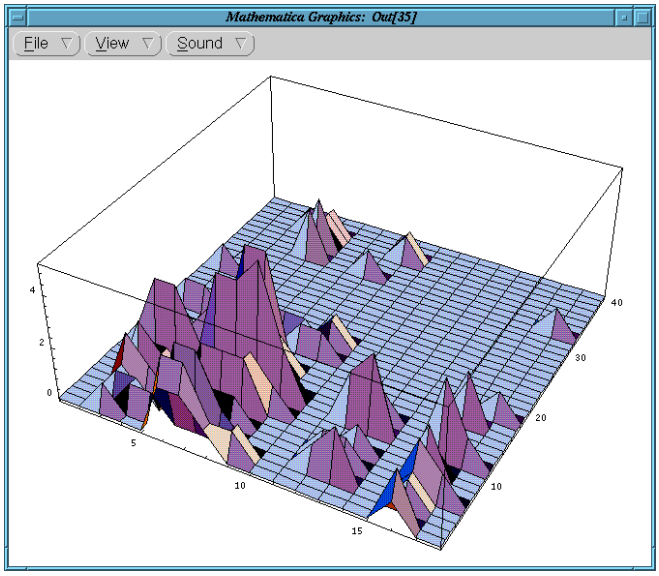

図 9: ３次元表示による因果関係の分布

５件の論文に適用できた。従って、数１０件あるいは数１００件の論文を入力としても、十分システムの頑強性を示すと思われる。修正が必要な場合でも、ＫＰのマッチング条件部のみの修正で対応できる。

ＫＰからの論文要約の１つに、手作業で行っている因果関係ネットワーク (図 10参照) がある。因果関係ネットワークとは、一覧表 (表 3参照) では表現できない金属特性・要因間の複雑な因果関係をネットワーク形式で表現したものであり、現在手作業（２～３時間／論文）で作成しているので、省力化する必要がある。

METIS システムについて、金属材料の専門家から、下記の評価を得た。

「実用合金開発の分野では、直接必要な特性のみではなく、極めて多くの因子が関連してくる。これらに関する文献情報を的確に検索するのには長時間の作業が必要で、本研究の因果関係ネットワーク、論文類似度の表示は、文献内容の検索に役立つと思われる。さらに、どのような関係であるかを表示できるようになれば、意義は極めて大きい。論文内容のマップ表現は、理解を助けるのに効果が大きい。さらに工夫してほしい。ただ、不適切な使い方をしている専門用語があるので改善が必要である。金属材料論文は実験主体の論文が多いが、理論やシミュレーションについての論文もあり、これらの論文の要約方法も検討する必要がある。」

6　まとめ

学術情報データベース利用に関する問題点を解決するために技術情報空間を提案した。この提案を具体化するために、金属材料論文を対象にした、プロトタイプシステム METIS を開発した。 METIS は、電子化された論文から技術情報空間を自動的に構築し、その空間の探訪を支援することができる。ＫＰという概念を導入することで、技術情報空間の自動構築が可能になった。 METIS は、 (1) 論文要約機能、(2) 複数論文サーベイ機能を持つ。１０件の論文で筆者がテストした後、１５件の論文について知識ベースを無修正のままブラインドテストを行ない、金属材料の専門家からの評価を受けた。

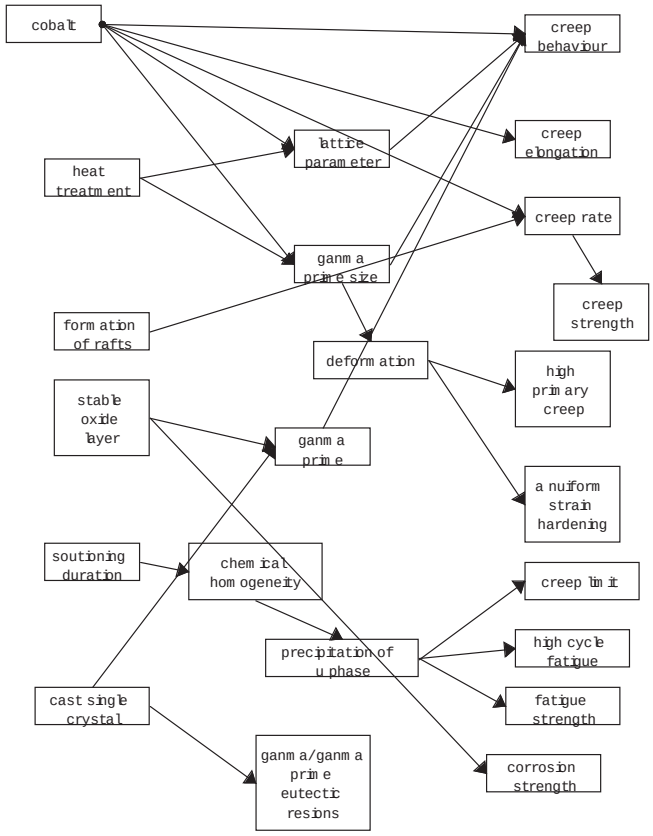

図 10: 因果関係ネットワーク

謝辞　金属材料の専門家である金属材料技術研究所の星本健一室長から、専門知識だけでなく、知識メディア化表現に関して有益なコメントをいただきましたこと、感謝致します。

参考文献

[1] 長尾真. 電子図書館. 岩波書店, 1994.

[2] Mark Stefik. The next knowledge medium. *AI Magaine*, Vol. 7, No. 1, pp. 34–46, 1986.

[3] 寺田浩詔. 英文論文誌の電子化出版について. 電子情報通信学会, Vol. 77, No. 12, pp. 1215–1220, 1994.