

平成18年度 学術創成研究費 研究終了報告書 (事後評価用)

平成18年3月31日

ふりがな	まつもと よういちろう		所属研究機関・ 部局・職	東京大学・大学院工学系研究科・教授				
研究代表者 氏名	松本 洋一郎							
研究課題名 (英訳名)	学術創成のための知識の構造化とネットワーク型知識基盤の構築 (Establishment of Networked Knowledge System with Structured Knowledge for Future Scientific Frontier)							
研究経費 (千円未満切捨)	年度	研究経費 (千円)		使用内訳 (千円)				
		交付額	支出額	設備備品費	消耗品費	旅費	謝金等	その他
	平成13年度	70,000	70,004	46,649	16,076	1,658	1,416	4,203
	平成14年度	85,000	85,001	39,464	24,068	2,956	2,711	15,800
	平成15年度	85,000	85,000	45,201	20,119	4,757	2,416	12,504
	平成16年度	70,000	70,000	49,462		5,208	6,949	8,379
	平成17年度	70,000	70,000	40,860		5,204	17,482	6,452
	総計	380,000	380,005					
研究組織 (研究代表者及び研究分担者)								
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担 (研究実施計画に対する分担事項)					
松本 洋一郎	東京大学・大学院工学系 研究科・教授	流体工学	材料プロセスの多重スケール解析と知識基盤構築, 研究全体の統括					
藤原 毅夫	東京大学・大学院工学系 研究科・教授	物性物理学	材料プロセスの多重スケール解析と知識基盤構築(量子スケール)					
丸山 茂夫	東京大学・大学院工学系 研究科・教授	分子熱工学	材料プロセスの多重スケール解析と知識基盤構築(分子スケール)					
野田 優	東京大学・大学院工学系 研究科・助手	反応工学	材料プロセスの多重スケール解析と知識基盤構築(材料形態評価)					
堀井 秀之	東京大学・大学院工学系 研究科・教授	社会基盤工 学	地球環境問題に関する知識の構造化(防災)					
高木 周	東京大学・大学院工学系 研究科・助教授	流体工学	地球環境問題に関する知識の構造化(水処理)					
片山 浩之	東京大学・大学院工学系 研究科・講師	水環境工学	地球環境問題に関する知識の構造化(水環境)					
辻井 潤一	東京大学・大学院情報 学環・教授	計算言語学	言語テキストからの知識構築とそのアクセス手法の開発					
伊東 乾	東京大学・大学院情報 学環・助教授	学際情報学	知識基盤のユーザーインターフェースの設計と実装					
美馬 秀樹	東京大学・大学院工学系 研究科・助教授	知識工学	自然言語処理による知識の構造化と視覚化のシステム構築					
計 10 名								

当初の研究目的

人類は、さまざまな活動によって得た断片的な知見を「領域化と領域内基本構造の発見」によって「知識化」してきた。反面、知識の細分化と複雑・高度化は、専門家にとってすら「専門領域外との連携・拡大が困難」とあるという状況を生んだ。学問的専門領域に関しても、極めて細分化された専門領域内の活動は飽和・成熟の段階にあり、今後は個々の専門領域内での飛躍的發展よりも、学際領域における「領域融合型イノベーション」への期待が高い。個別領域における知識基盤の充実が重要であることは言うまでもないが、それ以上に領域間の「インターフェーシング」によって「知識を構造化」し、知識を活用できる「ネットワーク型知識基盤」を構築することが必要である。

このような背景のもと、本研究では、原子・分子の素反応から反応装置サイズの流動までの多重スケールが複雑に相互干渉する「材料プロセスの多重スケール解析」、さらに広範囲に物質レベルから社会的共通資本までが関連する「環境・社会問題」を具体的な例題として、自然言語処理技術を発展的に援用するとともに、知的方法論の体系化手法を用いて、実際に知識の構造化とネットワーク型知識基盤の構築と知識誘導システムなどのユーザーインターフェースの実装までを行う。さらに上記の2つの例題に対する知識基盤構築過程での問題点や新たな手法を抽出し、他の分野での知識基盤構築が容易に可能となるレベルまで普遍化した形で整理し学問分野を俯瞰する科学的研究手法として位置づけるとともに、様々な分野への適用を図り広く公開することを目的としている。

研究成果の概要

研究目的に対する研究成果を必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。

研究当初は、本研究でとりあげた2つの具体的な例題「1. 材料プロセスの多重スケール解析」と「2. 環境・社会問題」をほぼ独立に進めた。同時に、知識構造化手法として特に自然言語処理技術については、言語処理と知識処理、視覚化の研究を有機的に統合したシステムの開発を進めた。その目的は膨大な知識源から有用な知識を効率的に収集し、ユーザが真に必要な知識をわかりやすい形で提示するシステムを構築することである。それぞれの例題における断片的な知見を知識化、蓄積、知識間の関連づけを進めることによって、材料プロセスにおいても多重スケール解析に加え、従来の知見を自然言語処理によって知識化することが重要となることが明らかとなった。また、環境・社会問題においても、多重スケール解析などの数理的な取り扱いが有用な要素が明らかとなった。結果的に多重スケール解析と自然言語処理のウエイトの異なる2つの例題（材料プロセス、環境・社会問題）、さらには生命科学や教育システムの例題を加えて、大規模知識ベースとネットワーク型知識基盤サーバのプロトタイプを構築した。加えて、多様な実ユーザを対象にしたサービスシステムを実現した。下記にそれぞれの例題と自然言語処理技術について主な成果をまとめる。

1. 材料プロセスの多重スケール解析（例題1）

工学における複雑な事象を、様々なスケールの現象が影響しあう多重スケール構造として理解できる場合がある。従来は、重要と考えられるスケールのみを抽出して解析していたが、急激に発達しているナノテクノロジー分野や複雑な現象が交錯する地球環境問題などでは、系の大域的振る舞いすら予想できない場合が多い。そこで、本研究では、材料プロセスにおける様々な多重スケール問題に対して、具体的な問題設定による解析手法の構築と、個々の問題を介して得られた知見による多重スケール解析法に対する俯瞰的検討を行った。なお、材料に関する知識は、製造プロセス、構造・物性・機能、応用と、多様な側面を有する。多重スケール解析での表現が困難な問題については既存の文献情報もあわせ、知識の実装・有機的接続を行った。具体的には、最重要の半導体材料であるシリコンと、代表的なナノ材料である単層カーボンナノチューブを対象に広範な知識の構造化を試みた。

シリコンに関して、代表的な製造プロセスである化学蒸着(CVD)法を対象に、理論・実験両面での知識創成を行った。多重スケール解析によって、希薄気体流れを3つのスケールで分離し、量子計算からボルツマン方程式レベルの現象までを合理的に結びつける手法を開発した。また、実際のCVD炉のシミュレーションまでを実行した。一方、実験的には、成膜初期の成膜遅れ現象、核発生・成長によるシリコンナノ粒子形成、多結晶連続膜での結晶配向発現等の機構解明を進め、文献情報とあわせ、製造プロセスとシリコンの形態・構造の関係を明らかにした。また、物性評価のための多重スケール解析をめざして、ワニエ関数表現やクリノフ部分空間を用い、原子数の増加に伴う計算負荷を極力抑えた新しいオーダーN法を4種類開発して、タイトバインディング近似における大規模な系の計算を実証した。

研究成果の概要 つづき

単層カーボンナノチューブに関して、多重スケール解析による触媒からの成長のシミュレーションを実現し、そのメカニズムに基づき、実験的に高効率な CVD 法の開発につなげた。特に、アルコール触媒 CVD 法の開発は、高純度の単層カーボンナノチューブを容易に合成できるようにした画期的な成果である。単層カーボンナノチューブ合成のもう一つの鍵は、触媒となる金属ナノ粒子である。種々の材料のスパッタ法での構造形成の実験的検討により、金属ナノ粒子の自己組織形成の機構解明も進めた。CVD の高温でナノ粒子を自己組織形成させるコンセプトのもと、触媒金属の担持量分布を 1 枚の基板上に網羅的に実現する簡易なコンビナトリアル手法を開発、さらに実際に 1 回の実験での触媒探索にも成功している。これはプロジェクト内の知識の深い共有・構造化により、発明・発見が加速できるという実例でもある。

2. 環境・社会問題 (例題 2)

環境・社会問題に関して、複雑な要因の交錯した問題を解決するために知識の構造化と俯瞰が緊急に求められている。本研究では、「地震防災を中心とした安全に係わる社会問題」、及び「水環境に係わる問題」を対象とした。環境・社会問題の解決策設計のプロセスは、1) 問題の分析、2) 問題解決策の立案、3) 問題解決策の影響分析、4) 問題解決策の評価からなる。このプロセスの様々な局面において、様々な分野の膨大な知識を有機的に結合する知識の構造化の有効性が以下の方法によって実証された。

地震防災に係わる社会問題では、既存の知識を 1000 項目に整理して構造化した。さらに、コーンツリーに基づく三次元情報可視化ツールを開発し、回転・拡大等の操作を通じて情報構造・問題の全体像を把握することを可能とした。この手法を用いることにより、大規模地震において多くの人命を救うためには、他のインフラ設備（橋梁、道路その他）と比較して「既存不適格住宅の解消」が最重要な課題であることが導き出されることを示した。また、問題解決策の立案に必要な知識の構造化を検討した。

水環境に関して、水道の安全については、そのリスク因子の特性に応じて、特徴的な知識の関係性が見出された。また、新規のリスク因子に対する最新の研究成果、水処理技術、水質基準の相互関係について整理した。安心安全を脅かすリスクの特性と、その対策の特性に応じて相関関係を構造化し、「特性と対策の対応関係」を明らかにした。その対応関係に基づき、新たなリスクに有効な対策を見出すことが可能となる。一方、今後の発展が期待される水処理技術に関連して、曝気槽内気泡流動の連続体スケール方程式におけるスケール分離を行い、分散相の挙動と連続相の挙動を合理的に接合する多重スケール解析手法を開発した。膨大な知識が複雑に関連する環境・社会問題においても、キーとなる要素については多重スケール解析が有効であるモデルを提案できた。

3. 自然言語処理と知識基盤構築

膨大な知識源から有用な知識を効率的に収集し、ユーザが真に必要な知識をわかりやすい形で提示するシステムを構築するために、以下の要素技術を開発した。具体的には、言語処理と知識処理、視覚化の研究等、複数の研究を有機的に統合した基盤技術を確立することを目指した。また、これらの要素を統合、及び実データを用いたシステム運用実験、並びに知識獲得実験を行い、本技術が知識の効率的な活用を推進できることを示した。

HPSG による言語解析システム (Enju): 言語学的に妥当な文法に対する確率モデルの定義に成功し、妥当な解析結果をスコア付きで出力できる言語解析モデルを確立した。また、コーパス指向の文法開発の方法論を提唱し、汎用な言語モデルを現実のコーパスに合わせて学習、精緻化する手法を確立した。これらの理論を実装した本システムは、深層意味構造の計算が可能で、かつ、現実のテキストを高速度で解析できる世界最初のものである。

自動用語抽出エンジン (TermEngine): 膨大なテキスト情報に対して、概念の包含性を基に用語としての妥当性を判断する「拡張 *CNC-value* 手法」、及び平均相互情報量を用いた用語の自動分類を行い、オントロジー情報を自動構築するエンジンの開発に成功した。これにより、用語を構成する形態素や構文のゆれ、また意味的なゆれを吸収し、テキストからの統合的な知識抽出が可能となった。本システムは日英両言語のテキストの解析に辞書の切り替えなしに対応できる。また、両言語共に同手法で高い精度の認識が行える言語非依存性を特徴とする。

識類似度計算エンジン (SimEngine): TermEngine により認識された用語とその分類の情報を用いて、知識間の意味的関連性を定量的に計算するためのエンジンの開発に成功した。本エンジンは、高度な拡張性を有し、計算手法を独自に定義、プラグインすることで容易に拡張が行える機構を備えている。

関連知識の視覚化エンジン (VizEngine): SimEngine により得られた知識間の意味的関連性を基に、知識の関連性を視覚化し、全体のネットワーク構造を俯瞰可能とするエンジンの開発に成功した。本視覚化手法では、グラフ理論を基に、ドキュメント等の知識単位をノードに割り当てる。そして、意味的関連性が大きいほど、ノード間の物理的距離が短くなるよう最適配置するグラフ描画を行う機構を備えている。また同時にノード間のリンクの太さを太くすることで、知識間の関連性が直感的に把握できる。

特記事項

この研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。

1. 多重スケール解析(マルチスケール解析)の一般化

本プロジェクト開始後、様々な研究分野で多重スケール(マルチスケール)の単語が使用されるようになってきている。論文検索サイトで有名な ISI Web of Knowledge, Web of Science において、多重スケールをキーワードに持つ発表論文数を調べると、5年前に比べ約3倍、10年前の約7倍、研究代表者が多重スケールという単語を使用し始めた15年前と比較すると、40倍にも膨れあがっており、多重スケール解析の分野で本研究が先導的役割を果たしてきたことを示唆している。また、多重スケールに関する研究は比較的新しいものとなるため、様々な分野にわたる多種多様な多重スケール問題に対して、これまでは、個別に多重スケール解析を行ってきた。これに対し、本研究では、一歩進んで、種々の多重スケール解析に対して、知識の構造化の概念に基づいて統一的な解釈を試みた。

2. 単層カーボンナノチューブの CVD 合成

単層カーボンナノチューブ合成の難しさの一つは、触媒条件と反応条件の連動にある。これまでの膨大な研究開発により代表的な“レシピ”が決まってきたが、グラム当たり数万円という価格が物語るように合成法の課題は山積している。本研究で開発されたアルコール触媒 CVD 法はすでに世界的に標準的な単層カーボンナノチューブ合成法となりつつある。また、基板上に垂直に配向した単層カーボンナノチューブ膜の合成を世界に先駆けて実現した。さらに、コンビナトリ手法による触媒探索法では、広範な触媒条件を1枚の基板上に実現出来る為、反応条件の再検討が可能となる。単層カーボンナノチューブ合成法の確立に大きく寄与するものである。

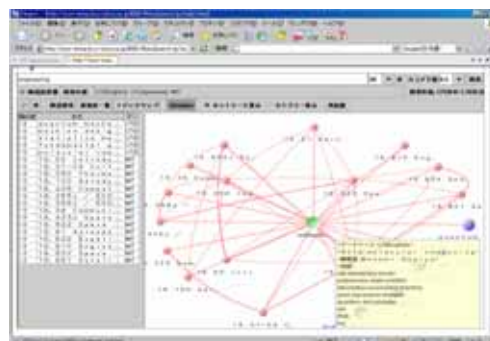
3. 社会技術研究という新しい研究分野の創出

本研究の社会問題に関わる部分の成果として、分野を超えた知識の活用を可能とするための知識の構造化手法を提案することができた。原子力安全、地震防災、交通安全など、安全に係わる様々な分野で問題解決の努力が積み重ねられ、解決策に関する知識が蓄積されてきた。問題解決においてブレークスルーを生み出すひとつの方法は、分野を超えた知識の活用である。そのためには、問題解決に係わる膨大な知識を、類似性に基づいて構造化することが有効である。問題解決カルテを作成し、様々な問題解決策を診断し、カルテを整理することにより、問題解決カタログを作成することができる。問題解決カタログは、知識の構造化の一形態であり、問題解決に有効な問題解決策を立案するための手段を与えるものであり、ある分野での成功事例を他の分野に波及させることが可能となる。問題解決の分野におけるイノベーション創出の手法と位置づけられる。

知識の構造化は、社会技術研究という新しい研究分野の基礎をなす概念である。知識の構造化に関する研究は、社会技術研究論文集、社会技術研究シンポジウムの新たな立ち上げに大いに貢献した。

4. 教育システムなどへ MIMA Search の実装

本研究成果による要素技術を統合し、実ユーザの情報要求にこたえる実システムの構築に成功した。本システムでは、ドキュメント全体の意味的関連性を視覚化することで、関連する知識の構造を俯瞰することが可能である。本システムは、東京大学OCW (Open Course Ware), 及び工学部シラバス検索において、講義の検索や他大学の講義を含む他の講義との関連性を俯瞰するためのシステム「MIMA Search」として既に実用化されるに至っており、実際の利用者により高い評価を受けている。また、ナノマテリアルに関する特許情報の検索と知識発見に関しては、既に東京大学ナノマテリアセンターと共同でシステムの実用化を推進している。さらには、日本学術会議での材料・化学分野におけるリサーチマップ作成提案に利用される等、その高い実用性と有用性が示されるところであり、今後の発展により、学問的・学術的のみならず、社会への多大なインパクトが期待される。



5. 生命科学研究支援のInfo-PubMedの実装

また、生命科学の研究においては、膨大に存在する蛋白質や化学物質がどのように関係するかを理解することが重要であるが、この種の関係は、過去の膨大な研究論文に埋もれているのが現状である。さらには、論文中の記述が常に正しいとの保障もないため、莫大な数の論文からの情報抽出結果を総合的に判断し、相互関係の意味的な分類、および、その信頼性を推測することが必須となる。我々が開発したInfo-PubMedは、Medlineデータベース中のすべての論文(1億5千万件、7千万文)を処理し、蛋白質相互関係のネットワーク・データベースをInteractiveに参照できる機能を持っている。現在、国立遺伝学研究所、英国・国立テキストマイニングセンターで本格運用する計画が進んでいる。



研究成果の発表状況

この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限ります。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）及び国際会議、学会等における発表状況について、3頁以内に収めて記入してください。

松本洋一郎・小宮山宏監修，藤原毅夫・丸山茂夫・伊東乾編，知識・構造化ミッション，日経 BP, 295, (2005).

堀井秀之編，安全安心のための社会技術，東大出版会, 368, (2006).

堀井秀之，問題解決のための「社会技術」，中央公論新社, 172 (2004).

丸山 茂夫（編集委員長），マイクロ・ナノ熱流体ハンドブック，エヌ・ティー・エス，669 (2006).

Y. Sakiyama, Y. Iga, H. Yamaguchi, S. Takagi, and Y. Matsumoto, "Multiscale Analysis for Dissociative Adsorption of SiH₄ on Si(100)Surface," Surface Coatings Technology, 200, 3385-3388 (2006).

Y. Sakiyama, S. Takagi, Y. Matsumoto, Validation of intermolecular pair potential model of SiH₄: Molecular dynamics simulation for saturated liquid density and thermal transport properties, J. Chem. Phys., 122, 234501-1-234501-8, (2005).

T. Sugii, S. Takagi, and Y. Matsumoto, A molecular-dynamics study of lipid bilayers: Effects of the hydrocarbon chain length on permeability," J. Chem. Phys., 123, 184714-1-184714-8, (2005).

Y. Sakiyama, S. Takagi, Y. Matsumoto, Multiscale analysis of nonequilibrium rarefied gas flows with the application to silicon thin film process employing supersonic jet, Physics Fluids, 16, 5, 1620-1629, (2004).

T. Hoshi, Y. Iguchi, T. Fujiwara, Nanoscale structures formed in silicon cleavage studied with large-scaled electronic structure calculations: Surface reconstruction, steps, and bending, Phys. Rev. B, 72, 075323-1-075323-10, (2005).

R. Takayama, T. Hoshi, T. Fujiwara, Krylov Subspace Method for Molecular Dynamics Simulation Based on Large-Scale Electronic Structure Theory, J. Phys. Soc. Jpn., 73, 6, 1519-1524, (2004).

M. Geshi, T. Hoshi, T. Fujiwara, Million-Atom Molecular Dynamics Simulation by Order-N Electronic Structure Theory and Parallel Computation, J. Phys. Soc. Jpn., 72, 11, 2880-2885, (2003).

T. Hoshi, T. Fujiwara, Dynamical Brittle Fractures of Nanocrystalline Silicon using Large-Scale Electronic Structure Calculations, J. Phys. Soc. Jpn., 72, 10, 2429-2432, (2003).

Y. Murakami, E. Einarsson, T. Edamura, S. Maruyama, Polarization Dependence of the Optical Absorption of Single-Walled Carbon Nanotubes, Phys. Rev. Lett., 2005, 94, 087402, 087402-1-087402-4, (2005).

S. Maruyama, E. Einarsson, Y. Murakami, T. Edamura, Growth process of vertically aligned single-walled carbon nanotubes, Chem. Phys. Lett., 403, 320-323, (2005).

Y. Miyauchi, S. Chiashi, Y. Murakami, Y. Hayashida, S. Maruyama, Fluorescence spectroscopy of single-walled carbon nanotubes synthesized from alcohol, Chem. Phys. Lett., 387, 198-203, (2004).

Y. Murakami, S. Chiashi, Y. Miyauchi, M. Hu, M. Ogura, T. Okubo, S. Maruyama, Growth of vertically aligned single-walled carbon nanotube films on quartz substrates and their optical anisotropy, Chem. Phys. Lett., 385, 298-303, (2004).

Y. Murakami, S. Chiashi, E. Einarsson, S. Maruyama, Polarization dependence of resonant Raman scattering from vertically aligned single-walled carbon nanotube films, Phys. Rev. B, 71, 085403-1-085403-8, (2005).

M. Hu, Y. Murakami, M. Ogura, S. Maruyama, T. Okubo, Morphology and chemical state of Co-Mo catalysts for growth of single-walled carbon nanotubes vertically aligned on quartz substrates, J. Catalysis., 225, 230-239, (2004).

S. Chiashi, Y. Murakami, Y. Miyauchi, S. Maruyama, Cold wall CVD generation of single-walled carbon nanotubes and in situ Raman scattering measurements of the growth stage, Chem. Phys. Lett., 386, 89-94, (2004).

研究成果の発表状況

- Y. Shibuta, S. Maruyama, Molecular dynamics simulation of formation process of single-walled carbon nanotubes by CCVD method, *Chem. Phys. Lett.*, 382, 381-386, (2003).
- S. Noda, H. Sugime, T. Osawa, Y. Tsuji, S. Chiashi, Y. Murakami, and S. Maruyama, A simple combinatorial method to discover Co-Mo binary catalysts that grow vertically aligned single walled carbon nanotubes, *Carbon*, in press (2006).
- S. Noda, Y. Tsuji, A. Sugiyama, A. Kikitsu, F. Okada, H. Komiyama, c-Axis Oriented Face-Centered-Tetragonal-FePt Nanoparticle Monolayer Formed on a Polycrystalline TiN Seed Layer, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 44, 11, 7957-7961, (2005).
- S. Noda, Y. Tsuji, Y. Murakami, S. Maruyama, Combinatorial method to prepare metal nanoparticles that catalyze the growth of single-walled carbon nanotubes, *Appl. Phys. Lett.*, 86, 173106, 173106-1-173106-3.
- Y. Kajikawa, S. Noda, Growth mode during initial stage of chemical vapor deposition, *Appl. Sur. Sci.*, 245, 281-289, (2005).
- H. Komiyama, Y. Yamaguchi, S. Noda, Structuring knowledge on nanomaterials processing, *Chem. Eng. Sci.*, 59, 5085-5090, (2004).
- Y. Kajikawa, S. Noda, H. Komiyama, A Simple Index to Restrain Abnormal Protrusions in Films Fabricated Using CVD under Diffusion-Limited Conditions, *Chem. Vap. Deposition*, 10, 4, 221-228, (2004).
- Y. Kajikawa, S. Noda, H. Komiyama, Use of process indices for simplification of the description of vapor deposition systems, *Mat. Sci. Eng. B*, 111, 156-163, (2004).
- S. Noda, Y. Kajikawa, H. Komiyama, Combinatorial masked deposition: simple method to control deposition flux and its spatial distribution, *Appl. Sur. Sci.*, 225, 372-379, (2004).
- Y. Kajikawa, S. Noda, H. Komiyama, Comprehensive perspective on the mechanism of preferred orientation in reactive-sputter-deposited nitrides, *J. Vac. Sci. Technol. A*, 21, 6, 1943-1954, (2003).
- M. Hu, S. Noda, H. Komiyama, A new insight into the growth mode of metals on TiO₂(110), *Surface Science*, 513, 530-538, (2002).
- H. Horii, S. -C. Chen, Computational fracture analysis of concrete gravity dams by crack-embedded elements-toward an engineering evaluation of seismic safety, *Eng. Frac. Mechanics.*, 70(7-8), 1029-1045, (2003).
- H. Yoshida, H. Horii, Micromechanics-based continuum model for a jointed rock mass and excavation analyses of a large-scale cavern, *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci.*, 41, 1, 119-145, (2004).
- H. Yoshida, H. Horii, T. Kaneko, Analysis of disposal tunnel for high-level radioactive waste by micromechanics-based continuum model *Rock Mechanics in the National Interest*, Swets & Zeitlinger Lisse, 551-558, (2001).
- H. M. Kim, M. Kuwabara, J. Inoue, H. Horii, Evaluation of the change in permeability of jointed rock mass due to excavation using micromechanics-based continuum (MBC) model *Rock Mechanics in the National Interest*, Swets & Zeitlinger Lisse, 721-728, (2001).
- K. Miura, Y. Okui, H. Horii, Micromechanics-based prediction of creep failure of hard rock for long-term safety of high-level radioactive waste disposal system, *Mechanics of Materials*, (2001).
- B. Yang, A. Prosperetti, S. Takagi, The transient rise of a bubble subject to shape or volume changes, *Phys. Fluids*, 15, 9, 2640-2648, (2003).
- S. Takagi, H. N. Oguz, Z. Zhang, A. Prosperetti, PHYSALIS: a new method for particle simulation Part II: two-dimensional Navier-Stokes flow around cylinders, *J. Comp. Phys.*, 187, 371-390, (2003).

研究成果の発表状況

- J. Magnaudet, S. Takagi, D. Legendre, Drag, deformation and lateral migration of a buoyant drop moving near a wall, *J. Fluid Mech.*, 476, 115-157, (2003).
- F. Takemura, S. Takagi, J. Magnaudet, Y. Matsumoto, Drag and lift forces on a bubble rising near a vertical wall in a viscous liquid, *J. Fluid Mech.*, 461, 277-300, (2002).
- E. Haramoto, H. Katayama, K. Oguma, H. Yamashita, E. Nakajima, S. Ohgaki, One-year monthly monitoring of Torque teno virus (TTV) in wastewater treatment plants in Japan, *Water Research*, 39, 2008-2013, (2005).
- H. Katayama, K. Okuma, H. Furumai, S. Ohgaki, Series of surveys for enteric viruses and indicator organisms in Tokyo Bay after an event of combined sewer overflow, *Water Sci. Tech.*, 50, 1, 259-262, (2004).
- J. Oguma, H. Katayama, H. Mitani, S. Ohgaki, Repressive effects of yeast extract on photoreactivation of *Escherichia coli*, *Water Sci. Tech.*, 50, 1, 33-38, (2004).
- Y. Masago, K. Oguma, H. Katayama, T. Hirata, S. Ohgaki, Cryptosporidium monitoring system at a water treatment plant, based on waterborne risk assessment, *Water Sci. Tech.*, 50, 1, 293-299, (2004).
- H. Katayama, A. Tanaka, M. Otaki, S. Ohgaki, Determination of naturally occurring noroviruses in coastal seawater by alkaline elution after acid rinse using negatively charged membrane, *Water Sci. Tech.*, 4, 2, 73-77, (2004).
- J. Park, S. Takizawa, H. Katayama, S. Ohgaki, Biofilter pretreatment for the control of microfiltration membrane fouling, *Water Sci. Tech.*, 2, 2, 193-199, (2002).
- I. Spasic, S. Ananiadou, J. Tsujii, MaSTerClass: a case-based reasoning system for the classification of biomedical terms, *Bioinformatics*, 21, 2748-2758, (2005).
- T. Hara, Y. Miyao, J. Tsujii, Adapting a probabilistic disambiguation model of an HPSG parser to a new domain, *Lecture Notes Artificial Intelligence*, 3651, 199-210 (2005).
- J. Tsujii, S. Ananiadou, Thesaurus or logical ontology, which one do we need for text mining, *Language Resources and Evaluation*, 39, 77-90 (2005).
- J. Kazama, J. Tsujii, Maximum entropy models with inequality constraints: A case study on text categorization, *Machine Learning*, 60, 159-194 (2005).
- Y. Miyao, J. Tshujii, Probabilistic disambiguation models for wide-coverage HPSG parsing, *Proc. of ACL 2005*, pp. 83-90, (2005).
- A. Yakushiji, Y. Miyao, Y. Tateisi, J. Tsuji, Biomedical Information Extraction with Predicate-Argument Structure Patterns, *Proc. 1st Int. Symp. Semantic Mining in Biomedicine*, pp. 60-69, (2005).
- J. -D. Kim., T. Ohta, Y. Tateisi, J. Tsujii, GENIA corpus-a semantically annotated copus for bio-text mining, *Bioinformatics*, 19, i180-i182, (2003).
- H. Mima, S. Ananiadou, K. Matsushima, Design and Implementation of a Terminology-based Literature Mining and Knowledge Structuring System, *Proc. of international workshop of Computational Terminology (CompuTerm), Coling, Geneva* (2004).
- H. Mima, S. Ananiadou, G. Nenadic, J. Tshujii, XML Tag Information Management System - A Workbench for Ontology-based Knowledge Acquisition and Integration, *Proc. Human Language Technology Conf. (HLT 2002)* (2002).
- H. Mima, S. Ananiadou, G. Nenadic, J. Tshujii, TIMS - A Workbench for Ontology-based Knowledge Acquisition and Integration, *Proc. Natural Language Processing in Biomedical Applications (NLPBA 2002)*(2002).
- H. Mima, S. Ananiadou, K. Matsushima, Terminology-based Knowledge Mining for New Knowledge Discovery, *ACM Trans. Asian Language Information Processing (TALIP)*, 5,1, (2006) in press.