

研究種目：基盤研究 (B)
研究期間：2005～2008
課題番号：18300053
研究課題名 (和文) 脳情報学の研究のための知的ポータル構築に関する研究
研究課題名 (英文) Research on Construction of an Intelligent Portal for Studying Brain Informatics
研究代表者
鍾 寧 (ZHONG NING)
前橋工科大学・工学部・教授
研究者番号：70284263

研究成果の概要：本研究では、人間の情報処理メカニズムを研究するための新しい学術分野である脳情報学の方法論に基づき、人間の計算活動に関する実験を実施し、採取された脳波とfMRI データについて時空間の変化に着目した分析や脳機能間の関連性について分析を行い、人間の計算活動の特徴を理解した。また、知的ポータル実装の一例として概念的な脳のデータモデルであるデータブレインの研究と開発を進め、脳機能やデータのモデル化を図った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2007年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2008年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
年度			
年度			
総計	13,800,000	4,140,000	17,940,000

研究分野：知能情報学

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：脳情報学、ウェブインテリジェンス、データマイニング、ERP、fMRI、知的ポータル、データブレイン

1. 研究開始当初の背景

人間の認知活動の解明に向けた研究・開発が脳科学分野のみならず、工学的な立場からも盛んに行われている。これは近年における計測技術及び IT の進歩と密接な関係があることは明白である。従来からの脳波計や、発生源に直接電極を挿入する微小電極法に加え、近年では高度な制御技術や解析技術が必要な fMRI や MEG、PET といった様々な非侵襲脳機能計測手法が開発されている。

従来の分析手法や研究の多くは、各計測データをそれぞれ単独で扱い、周波数解析や統計学的手法を用いて分析を行う。しかし、

各計測データは、時間分解能や空間分解能等の特性が異なり、得意とする分野も異なる。従って、一つの実験に対する異なるデータ (fMRI データと脳波データ等)、特性の異なる複数の計測データを活用した多面的分析を行うことで、従来の研究では発見できなかった新たな知識を発見できると考えられる。

しかし、従来の脳認知工学における研究スタイルは、1) 脳の機能を予想する、2) 機能を確認できる実験を設計する、3) 実験に基づきデータを収集する、4) 収集データを元に予想していた機能を検証する、といった流れである。そのため、予想した脳機能の解析にと

らわれており、過去に行われた実験結果と現在に行っている実験の関連性を調べることや、実験結果を含む実験方法の比較等を行うことはほとんど無い。これは、各計測データが非常に大きく管理が困難である、予想した脳機能の検証にしか計測データを利用していない、といった問題点があげられる。

2. 研究の目的

本研究では、2004年に鍾らにより提案されたBI (Brain Informatics: 脳情報学) に基づき、WI (Web Intelligence) の立場から、脳情報学の研究のための知的ポータル構築を行う。このBIとは、WIを中心としたIT技術、認知科学、神経科学を融合した人間の情報処理メカニズムを研究するための新しい学術分野である。この知的ポータルは、脳認知工学者支援のためのユーザーインターフェースと実験、データの収集、管理、分析を一貫して支援するための多層グリッドからなるシステムである。これにより、データ管理・分析の為に支援環境の構築に取り組む。

3. 研究の方法

(1) BI と WI の連携

本研究は、WIの立場から脳認知工学の研究をサポートするものである。WIでは、データの収集、管理、モデリング、分析のサポートをし、高次脳機能のモデル化をサポートする(データブレイン構想)。これらにより、複数のマイニング手法による多面的分析、過去の実験記録を用いた長期的な分析等、統合的な分析を行う。

(2) WI の立場から人間の脳機能の解明

従来の脳機能の研究は、脳機能を予想後、その確認を行うための実験である。しかし、WIでは先にデータがあり、データから脳機能を予想するという、今までとは真逆の視点から行う研究である。そのため、データ取得の時点では予想されていなかった、まったく新しい知識を発見できると考えられる。

(3) 実験設計から分析までのプロセス管理

従来の脳認知工学における実験では、実験の設計、データの収集、データモデリング、データの管理、分析など、ユーザの負担は非常に大きい。しかし、知的ポータルを利用することにより、過去の実験を参照した新実験の設計、データグリッドによる生データやモデリングされたデータの管理、マイニングエージェントを用いた多面的分析が可能となり、ユーザの負担を軽減する。

(4) マルチデータソースからの分析

波形データである脳波、画像データであるfMRIデータを組み合わせ、それぞれの特徴を生かした分析を行う。単一のデータソースからでは、見過ごされてきた知識やルールの発見を行う。

4. 研究成果

(1) 脳情報学に基づく認知実験の実施

本研究では、認知実験の一例として人間の計算活動(被加算数+加算数=)をテーマに実験の設計を行った。多視点、多面的にデータを活用する脳情報学の方法論に基づき、1つの計算問題を複数の視点で捉えられるような設計とした。その具体的配慮を以下に示す。

- ・On/Off/Noタスクの設定(計算or非計算)
- ・記憶負荷の差(画面に出題数字が残る?)
- ・計算難易度の差(繰り上がりの有無)
- ・処理の違い(計算問題と数字記憶問題)

この設計で、データの収集、管理、モデリング、分析のサポートを見据えた実験が可能となった。また、背景知識のためのアンケート実施、脳波では多チャンネル(128ch)、高品質(低抵抗値)の計測と高精度な前処理を、fMRIでは3テスラの高性能撮像装置による高品質なデータ採取を実現した。

(2) 脳波の多視点マイニングの実施

計測された脳波を、目的に応じて周波数スペクトルデータやERP、トポグラフィーなどに加工した。図1は2桁加算数表示時のERPトポグラフィーである。上の行から順に出題数字が画面に残る計算タスク、数字が移り変っていく計算タスク、移り変わる数を見るだけのタスクであり、タスクによって前頭葉の電位変化や頭頂から視覚野にかけての陽性電位分布(赤色部)が異なることを確認した。

また、脳波分析の新たな取り組みとして、波形の電位と傾きの2つの要素に対して、時空間の特異性に着目した多視点マイニング技法を開発した。さらに、従来型トポグラフィーを発展させた特異性指向トポグラフィーを考案し、時空間上の特異データを色相や色の濃淡で視覚的に判断できるようにした。

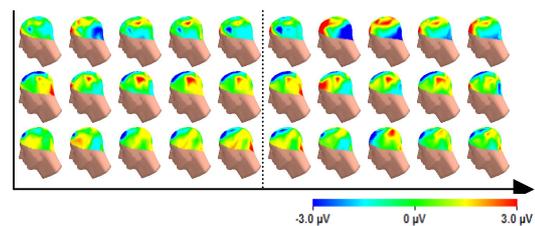


図1 タスクの違いによる電位分布の差

(3) fMRI 多面的マイニングの実施

fMRI分析では、計算活動を人間の問題解決プロセスの1つと位置付け、その理解を目的としたデータ解析を試みた。多視点・多面的マイニングを考慮した実験設計により、計算の有無による反応の違いや、記憶の負荷による反応の違いを導出することができた。具体的には、計算時の短期記憶と関連のある部位の同定や、機能連結分析による被験者ごとの脳機能間の相関関係を求めた。図2は機能連

結分析の一例である。各脳機能間の相関性を計算し、機能的な人間の活動プロセスを捉えることが可能となった。この分析法により、単語の認知機能と曖昧に定義された BA21 と BA37 において、数字の認知機能と関連が高い部位は BA37 であることを明らかにした。

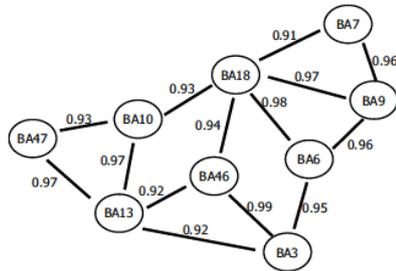


図2 機能連結分析

(4) 知的ポータル実装の成果

知的ポータル実装の一例として概念的な脳のデータモデルであるデータブレインの研究を進めた。データブレインは、概念的な脳のデータモデルであり、思考を中心とした様々な認知実験により得られる人間の脳データを脳の要素機能の点から関連性をまとめたものである。

具体的には、研究者が高次認知機能を体系的に調べるための実験設計を支援する概念ビュー、コンピュータ上でデータを管理し分析を行うための構造ビューの2つのビューを持つデータブレインを構想、試作した。

概念ビューとは、人間の思考を中心とした高次脳認知機能を体系的に調べるためのビューモデルである。分析を行う対象となる高次脳認知機能を中心として脳の要素機能の関連を示し、関連のある他の実験との比較を支援する。ビューは、中心部、内周部、外周部の3つの部分からなる。推論に関する概念ビューの例を図3に示す。

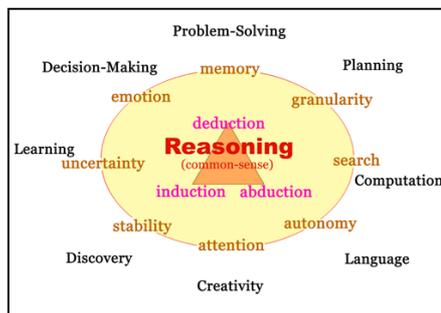


図3 推論に関する概念ビュー

中心部は分析の対象となる推論に関わる主な機能(deduction など)、内周部は関連のある要素機能(memory など)、外周部は関連のある人間の思考に関する他の主な高次脳認知機能(Problem-Solving など)を置いた。

構造ビューとは、実際にコンピュータ上にデータブレインを構築するためのモデルであり、機能次元、実験次元、データ次元、分析次元の4つの次元により構成した。機能次元は、本研究課題において最も重要となる次元である。人間の情報処理メカニズムを体系的に統合化するために必要な、人間の思考を中心とした認知機能や要素機能、機能間の関連性を知識ベース化したものを機械が処理可能な形式として保存するよう定めた。

(5) 得られた成果の位置付け

現在、脳研究の潮流は、推論や問題解決といった思考中心の研究へとシフトしており、今後は高次脳認知機能を中心とした多面的かつ体系的な研究が求められる。

しかしながら、これまでの研究・プロジェクトにおける脳データ管理や分析手法は、単に脳データを収集・蓄積し、特定の機能や構造について分析するだけに止まり、実験の内容による体系化、実験間の関連性といった情報を利用していない。そのため、既存の脳データベースのほとんどが脳構造に特化したものや、特定の機能に着目したものとなっており、高次認知機能間の関連性などを深く理解するためには十分とはいえない。

国内外の動向を踏まえ、高次脳認知機能を体系的に研究するための基盤が存在しておらず、本研究成果は、革新的アイデアに基づくユニークな研究成果であると考えられる。

(6) 今後の展望

①脳情報学の立場からの脳研究の基盤作り

データブレインにより、高次脳認知機能をモデル化し、実験の設計、データの収集、管理、分析と言った基本的なプロセスを体系的に支援する。そのため、人間の情報処理メカニズムを体系的に研究し、人間の知能を深く解明するための先進的情報技術により脳研究の基盤を提供する。

②新たなデータ管理技術の提供

人間の脳データを体系的に管理し、統合化し、共有するために、これまでとは異なる視点から新たな概念的な脳のデータモデルを提案する。これにより、体系的認知実験から取得するマルチ脳データを概念的に関連付けて保存するだけでなく、脳データ収集時における実験の詳細データ、関連データの照会、多面的脳データ分析やシミュレーションのためのツールも提供する。

③プランを生成できる知識ベースの提供

体系的に人間の脳データを分析し、シミュレーションするためのエージェント化されたデータマイニングツールを利用し、データブレインモデルを基にしたデータ分析プロセス(プラン)を動的に生成する機能を持つ知識ベースを提供する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 23 件)

- ① P. Liang, N. Zhong, S. Lu, and J. Liu, ERP Characteristics of Sentential Inductive Reasoning in Time and Frequency Domain, *Cognitive Systems Research, An Interdisciplinary Journal*, Elsevier (in press), 有
- ② J. Yang, N. Zhong, P. Liang, J. Wang, Y.Y. Yao, and S. Lu, Brain Activation Detection by Neighborhood One-class SVM, *Cognitive Systems Research, An Interdisciplinary Journal*, Elsevier (in press), 有
- ③ S. Motomura, N. Zhong, Multi-aspect Data Analysis for Investigating Human Computation Mechanism, *Cognitive Systems Research An Interdisciplinary Journal*, (in press), 有
- ④ N. Zhong, P.P. Liang, Y. Qin, S. Lu, Y. Yang, and K. Li, Neural Substrates of Data-driven Scientific Discovery: An fMRI Study During Performance of Number Series Completion Task, *Science in China Series C: Life Sciences*, 39(3), 1-8, (2009), 有
- ⑤ W. Li, N. Zhong, Y.Y. Yao, J. Liu, An Operable Email Based Intelligent Personal Assistant, *World Wide Web Journal*, Springer, Vol. 12, No. 2, 125-147 (2009), 有
- ⑥ N. Zhong, S. Motomura, Agent-Enriched Data Mining: A Case Study in Brain Informatics, *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 24, Issue 3, 38-45, (2009), 有
- ⑦ J. Hu, N. Zhong Web Farming with Clickstream, *International Journal of Information Technology And Decision Making*, 7(2), 291-308, (2008), 有
- ⑧ 楊家家, 吳景龍, 岩本昌克, 高磁場環境での使用と自動制御可能の二次元触覚パターン提示装置の製作と触覚形状弁別特性の実験検討, *日本機械学会論文集, C編* Vol. 074 No. 746, 2585-2593, (2008), 有
- ⑨ 金鳳哲, 河内山隆紀, 吳景龍, 視覚自己回転運動感覚の時空間特性, *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol. J91-A No. 4, 505-512, (2008), 有
- ⑩ 吳景龍, 王大順, 呂勝富, 林夕路, 多人数同時に検査できる多機能視力検査装置の研究開発, *日本機械学会論文集 C編*, 第 74 卷 737 号, 81-89, (2008), 有
- ⑪ M. Ohshima, N. Zhong, Y.Y. Yao, C. Liu, Relational Peculiarity Oriented Mining, *Data Mining and Knowledge Discovery, an International Journal*, Vol. 15, No. 2, 249-273, (2007), 有
- ⑫ J. Ji, C. Liu, J. Yan, N. Zhong, An Improved Bayesian Network Structure Learning Algorithm and Its Application in an Intelligent B2C Portal, *Web Intelligence and Agent Systems, An International Journal*, Vol. 5, No. 2 127-138, (2007), 有
- ⑬ J. Hu, N. Zhong, Y. Shi, Developing Mining-grid Centric e-Finance Portal, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 21, No. 4, 639-658, (2007), 有
- ⑭ N. Zhong, Actionable Knowledge Discovery: A Brain Informatics Perspective, *IEEE Intelligent Systems*, July/August, 85-86, (2007), 有
- ⑮ C. Cai, T. Kochiyama, K. Osaka, J.L. Wu, Lexical/semantic processing in dorsal left inferior frontal gyrus, *Neuro Report*, Vol. 18, No. 11, 1147-1151, (2007), 有
- ⑯ N. Zhong, J. Liu, Y.Y. Yao, Envisioning Intelligent Information Technologies through the Prism of Web Intelligence, *Communications of the ACM*, 50(3), 89-94, (2007), 有
- ⑰ J.L. Wu, et al., Function segregation in the left inferior frontal gyrus: A listening fMRI study, *Neuro Report*, Vol. 18, No. 2, 127-131, (2007), 有
- ⑱ Y. Li, N. Zhong, Mining Rough Association from Text Documents for Web Information Gathering, *Springer Transactions on Rough Sets VII, LNCS 4400*, 103-119, (2007), 有
- ⑲ 大島宗哲, 鍾寧, レコードに基づくリレーショナル特異性指向マイニング, *人工知能学会論文誌*, Vol. 22, No. 1, 1-9, (2007), 有
- ⑳ N. Zhong, Impending Brain Informatics (BI) Research from Web Intelligence (WI) Perspective, *International Journal of Information Technology and Decision Making*, Vol. 5, No. 4, 713-727, (2006), 有
- ㉑ 吳景龍 他, 視覚誘導自己回転運動知覚特性の計測と解析, *システム制御情報学会論文誌*, Vol. 19, No. 11, 418-425, (2006), 有
- ㉒ J. Hu, N. Zhong, Organizing Multiple Date Sources for Developing Intelligent e-Business Portals, *Data Mining and Knowledge Discovery, an International Journal*, Vol. 12, No. 2-3, 127-150,

(2006), 有

- ②③ Y. Li, N. Zhong, Mining Ontology for Automatically Acquiring Web User Information Needs, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 18, No. 4, 554-568, (2006), 有

[学会発表] (計25件)

- ① 田宇, 小島祐哉, 本村信一, 鍾寧, 人間の問題解決プロセス理解のための多面的fMRI データ解析, 電子情報通信学会思考と言語研究会 (TL), (2009)
- ② J. Chen, N. Zhong, Data-Brain Modeling Based on Brain Informatics Methodology, Proc. 2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI' 08), (2008)
- ③ N. Zhong, Towards Brain-inspired Web Intelligence, 5th International Conference on Intelligent Information Processing (IIP2008), (2008) (基調講演)
- ④ 岡田裕紀, 吳景龍, 前面からの騒音が水平面音源定位能力に与える影響の検討, 第31回日本生体医工学会中国四国支部大会, (2008)
- ⑤ 鹿倉教義, 吳景龍, 脳波計測による視聴覚の統合と視覚刺激の偏心角との依存症-視覚刺激の偏心角選定実験について-, 第31回日本生体医工学会中国四国支部大会, (2008)
- ⑥ 李修軍, 吳景龍, 視覚刺激提示時の文盲者と非文盲者の脳内活動際に関する fMRI 研究, 第31回日本生体医工学会中国四国支部大会, (2008)
- ⑦ 楊家家, 吳景龍, 受動的触覚による二次元角度弁別特性について, 第31回日本生体医工学会中国四国支部大会, (2008)
- ⑧ 宮本脩平, 吳景龍, 単純反応時間の個人差を考慮した動的視野特性の検討, 第31回日本生体医工学会中国四国支部大会, (2008)
- ⑨ Qi Li, Jinglong Wu, A Study on Human Audiovisual Integration by behavioural and Event-Related Potentials (ERPs) measurements for Traffic Safety, ICMA2008, (2008)
- ⑩ N. Zhong, Unifying Study on Human and Web Problem Solving: A Brain Informatics Perspective, Proc. 2008 IEEE International Conference on Granular Computing (GrC' 08), (2008) (基調講演)
- ⑪ N. Zhong, Achieving Human Level Web Intelligence through Brain Informatics, Twenty First International Conference on Industrial, Engineering & Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA-AIE2008), (2008) (基調講演)
- ⑫ N. Zhong, Multi-Aspect Human Brain Data Analysis Based on Brain Informatics Methodology, 2008 IEEE Data Mining Forum, (2008) (招待講演)
- ⑬ 遠茂谷誠彦, 河内山隆紀, 吳景龍, 錯視効果とポインティング動作の関連性に関する検討, The Second International Symposium on Complex Medical Engineering, (2008)
- ⑭ 岡田裕紀, 河内山隆紀, 吳景龍, 耳栓による高周波数遮音が音源定位能力に与える影響の検討, The Second International Symposium on Complex Medical Engineering, (2008)
- ⑮ 鹿倉教義, 河内山隆紀, 吳景龍, 暗算処理における難易度を比較した事象関連電位の検討, The Second International Symposium on Complex Medical Engineering, (2008)
- ⑯ 漆原健二, 河内山隆紀, 崔徳華, 韓鴻賓, 吳景龍, 言語性プライミングを用いた左側下前頭回における言語処理機能の検討, The Second International Symposium on Complex Medical Engineering, (2008)
- ⑰ 宮本脩平, 河内山隆紀, 吳景龍, ゴールドマン視野計の速度制御の自動化と動的視野の定量計測, The Second International Symposium on Complex Medical Engineering, (2008)
- ⑱ N. Zhong, Towards Human Level Web Intelligence: A Brain Informatics Perspective, Second International Conference on Pattern Recognition and Machine Intelligence, (2007) (基調講演)
- ⑲ N. Zhong, Ways to Develop Human-Level Web Intelligence: A Brain Informatics Perspective, 4th European Semantic Web Conference ESWC-2007, (2007) (基調講演)
- ⑳ N. Zhong, Towards Human Level Web Intelligence: A Brain Informatics Perspective, 5th Atlantic Web Intelligence Conference AWIC-2007, (2007) (基調講演)
- ㉑ N. Zhong, S. Motomura, WI Based Multi-Aspect Data Analysis in a Brain Informatics Portal, Second International Workshop AIS-ADM 2007, (2007) (基調講演)
- ㉒ P. Liang, N. Zhong, J.L. Wu, S. Lu, J. Liu, Y.Y. Yao, Time Dissociative Characteristics of Numerical Inductive Reasoning: Behavioral and ERP Evidence, Proc. 2007 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN' 07), (2007)
- ㉓ P. Liang, N. Zhong, S. Lu, Y.Y. Yao, J. Liu, The Time Course and Source Localization of Human Inductive Strength

Judgment: An ERP Study, Proc. 2007 IEEE/WIC/ACM WI-IAT Workshops, (2007)

- ②④ J. Yang, N. Zhong, P. Liang, J. Wang, Y. Y. Yao, S. Lu, Brain Activation Detection by Neighborhood One-class SVM, Proc. 2007 IEEE/WIC/ACM WI-IAT Workshops, (2007)
- ②⑤ S. Motomura, A. Hara, N. Zhong, S. Lu, J. L. Wu, Investigating Human Computation Centric Information Processing Mechanism: An ERP Data Analysis Study, Proc. Second International Conference on Complex Medical Engineering (CME' 07), (2007)

[図書] (計16件)

- ① N. Zhong, J. Liu, Y. Y. Yao, Web Intelligence (WI), The Encyclopedia of Computer Science and Engineering, Vol. 5, Wiley, 3062-3072, (2009)
- ② Y. Y. Yao, N. Zhong, Granular Computing, The Encyclopedia of Computer Science and Engineering, Vol. 3, Wiley, 1446-1453, (2009)
- ③ S. Iwata, Y. Ohsawa, S. Tsumoto, N. Zhong, Y. Shi, L. Magnani (Eds.), Communications and Discoveries from Multidisciplinary Data Studies in Computational Intelligence 123, Springer, 340, (2008)
- ④ J. Hu, N. Zhong, 書名: Communications and Discoveries from Multidisciplinary Data Studies in Computational Intelligence 123, タイトル名: A Multilevel Integration Approach for E-Finance Portal Development, Springer, タイトル頁 139-156, (2008)
- ⑤ Y. Y. Yao, N. Zhong, Y. Zhao, 書名: Data Mining: Foundations and Practice Studies in Computational Intelligence 118, タイトル名: A Conceptual Framework of Data Mining, Springer, タイトル頁 501-515, (2008)
- ⑥ N. Zhong, J. Liu, Y. Y. Yao, J. L. Wu, S. Lu, K. Li (Eds.), Web Intelligence Meets Brain Informatics (LNCS 4845), Springer, 516, (2007)
- ⑦ N. Zhong, J. Liu, Y. Y. Yao, J. L. Wu, S. Lu, Y. Qin, K. Li, B. Wah, 書名: Web Intelligence Meets Brain Informatics (LNCS 4845), タイトル名: Web Intelligence Meets Brain Informatics, Springer, タイトル頁 1-31, (2007)
- ⑧ P. Liang, N. Zhong, S. Lu, J. Liu, Y. Y. Yao, 書名: Web Intelligence Meets Brain Informatics (LNCS 4845), タイトル名: The Neural Mechanism of Human Numerical Inductive Reasoning Process: A Combined

ERP and fMRI Study, Springer, タイトル頁 223-243, (2007)

- ⑨ Y. Li, N. Zhong, 書名: Web Intelligence Meets Brain Informatics (LNCS 4845), タイトル名: Ontology Based Web Data Mining for Information Gathering, Springer, タイトル頁 406-427, (2007)
- ⑩ Y. Zeng, Y. Y. Yao, N. Zhong, 書名: Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining and Granular Computing (LNAI 4482), タイトル名: Supporting Literature Exploration with Granular Knowledge Structures, Springer, タイトル頁 182-189, (2007)
- ⑪ S. Motomura, A. Hara, N. Zhong, S. Lu, 書名: Rough Sets and Intelligent Systems Paradigms (LNAI 4585), タイトル名: An Investigation of Human Problem Solving System: Computation as an Example, Springer, タイトル頁 824-834, (2007)
- ⑫ M. Gao, J. Liu, N. Zhong, C. Liu, F. Chen, 書名: Rough Sets and Intelligent Systems Paradigms (LNAI 4585), タイトル名: A Learning-Based Model for Semantic Mapping from Natural Language Questions to OWL, Springer, タイトル頁 803-812, (2007)
- ⑬ Y. Li, N. Zhong, X. Zhou, S. T. Wu, 書名: Rough Sets and Intelligent Systems Paradigms (LNAI 4585), タイトル名: Filtering and Sophisticated Data Processing for Web Information Gathering, Springer, タイトル頁 813-823, (2007)
- ⑭ C. Clifton, N. Zhong, et al., Proceedings of 2006 IEEE International Conference on Data Mining, IEEE Computer Society Press, 1221, (2006)
- ⑮ K. Fischer, E. Andre, I. Timm, N. Zhong, Multiagent System Technologies (LNCS 4196), Springer, 185, (2006)
- ⑯ Y. Li, M. Looi, N. Zhong, Advances in Intelligent IT, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 138, IOS Press, 480, (2006)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鍾 寧 (ZHONG NING)

前橋工科大学・工学部・教授

研究者番号: 7 0 2 8 4 2 6 3

(2) 研究分担者

吳 景龍 (WU JINGLONG)

岡山大学・工学部・教授

研究者番号: 2 0 1 4 0 4 2 0

峠 哲男 (TOUGE TETSUO)

香川大学・医学部・助教授

研究者番号: 8 0 1 9 7 8 3 9