

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H01718

研究課題名(和文) 多元的検索要求に対応できるオンラインデータマイニング検索方式の研究

研究課題名(英文) Online Data-Mining Search for Multi-dimensional Search Intents

研究代表者

田中 克己 (TANAKA, KATSUMI)

京都大学・情報学研究科・名誉教授

研究者番号：00127375

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,500,000円

研究成果の概要(和文)：多元的で多様な検索要求意図に対応できる検索方式を開発すると共に、集約的な情報検索を行う方式を開発した。具体的には、多元的な検索要求意図を整理した上で、以下のような研究を行った。(1) 与えられた検索要求を文字列マッチングで処理できる検索クエリをデータマイニングや機械学習によって実行時に発見するためのアルゴリズムを開発し、このアルゴリズムの実データ上での評価を行った。(2) 検索結果のデータを集約した集約情報を検索できるアルゴリズム(多様性計算アルゴリズム、検索ランキングアルゴリズム等)を開発し、このアルゴリズムの実データ上での評価を行った。

研究成果の概要(英文)：We developed several search algorithms, which can cope with a variety of search intents. Also, we developed aggregate search algorithms, which searches for aggregate information. We first classify search intents, and then developed the following search methods: (1) We developed and evaluated data mining/machine learning algorithms, which discover executable queries for given search intents. (2) We developed and evaluated aggregate search algorithms (including diversity computation and ranking), which searches for "aggregate" information.

研究分野：情報検索

キーワード：情報検索 データマイニング ウェブ 機械学習 検索エンジン 検索意図

1. 研究開始当初の背景

今日、ウェブ (WWW) やソーシャルメディア等で発信される情報は、社会、経済、政治、文化、学術、日常生活など、社会のあらゆる方面における重要な情報源となっており、検索エンジンは、これらの情報にアクセスするために欠くことのできない基盤技術となっている。さらに、これらのデータを収集・分析し重要な知識を得て価値創出をするビッグデータ分析・機械学習技術も重要な研究課題である。

Google などの商用のウェブ検索エンジンでは、利用者の検索質問(以下、クエリ)は検索語(以下、キーワード)で表現され、入力されたキーワードを含むウェブ文書が結果として返される。しかし、利用者の検索要求は極めて多様であり、クエリと文書内容の類似性に基づく判定(トピック適合性判定)や、人気度(Google では、多くの重要な他文書からの参照リンク数)に基づくランキング判定だけでは、利用者の多様な検索要求に対応することが難しくなってきた。

実際、現行のウェブ検索エンジンでは、例えば、「京都^観光」というクエリに対して、キーワードマッチングに基づく検索であるため、京都観光に関する多様な検索要求(「理解しやすい文書」、「網羅性の高い文書」、「手段・方法に関する文書」、「人気度の高い京都の観光地」などが欲しい)といった多様な検索要求に応えるのは困難である。

一方、リアルタイムでビッグデータ分析を行うための技術として、Google 社の BigQuery[1]がある。BigQuery はデータベースのクエリ言語 SQL として実現され、検索機能は正規表現による検索が可能となるように拡張され、データ分析機能は最大・最小・平均などを検索時データに対して計算する SQL 集約操作として実装されている。しかし、BigQuery では、データ分析をするためのデータの収集を検索に基づいて行う機能は用意されていない。

2. 研究の目的

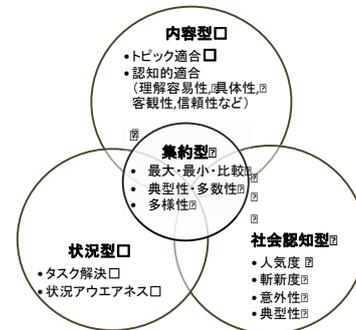
本研究の目的は、多元的で多様な検索要求に対応できる情報検索方式を開発するとともに、検索結果の分析・集約を行うための集約的検索方式を開発することである。このために、多元的な検索要求意図を整理した上で、

- 検索要求意図をより正確に表現出来るクエリ群をマイニングや機械学習によって発見する技術の開発、
- 検索結果のデータの集約、すなわち、集約的情報検索 (aggregate search) を行うための技術(多様性計算, 典型性計算)の開発

を行うものである。

すなわち、本研究は、検索時に動的にクエリ候補自身をサーチ・生成するとともに、検索結果の集約を行えるような、オンラインデータマイニングクエリ型の情報検索方式を開発するものである。

Saracevic は、情報検索の検索意図を、Topics(トピック), Cognition (認知), Situation (状況), Motivation (動機) に分類している[2]。本研究でも、この Saracevic らの分類を元にして下図のような検索要求意図の分類・整理を行った。



本研究における検索要求意図の分類

<引用文献>

- [1] Google: BigQuery – Google Cloud Platform, <https://cloud.google.com/bigquery/>
- [2] T. Saracevic: Relevance Reconsidered, Information science: Integration in perspectives, Proc. 2nd CoLIS, pp.201-218, Oct.1996.

3. 研究の方法

本研究の目的は、多元的で多様な検索要求に対応できる検索方式を開発すると共に、検索結果の分析・集約を行うための集約的検索方式を開発することである。このため、多元的な検索要求を整理した上で、以下のような方法で研究を遂行した。

- 与えられた検索要求に対応できるクエリ群をマイニングや機械学習することで、実行時に発見するためのアルゴリズムを開発し、このアルゴリズムの実データ上での評価を行う。
- 検索結果のデータを集約した集約的な情報を検索できる検索方式アルゴリズム(多様性計算アルゴリズム, 典型性計算アルゴリズム等)を開発し、このアルゴリズムの実データ上での評価を行う。

4. 研究成果

マイニング・機械学習によるクエリ発見

多様で多元的な検索要求意図に対し適合する情報を検索するためには、クエリをキーワード集合として与えること自身に問題がある。このため、ユーザが与えたキーワードクエリや検索要求を記述した自然言語クエリから、最終的に検索を実行すべきクエリ候補をウェブなどの情報源自身からマイニング・機械学習して求める方式を開発した。

具体的には、主に、以下の方式を開発した。

- クエリパラフレーズング
文章形式のクエリ文と同意関係(パラフレーズ)にあるクエリ文の発見方式

- メタフォリカルなクエリ語発見
異ドメイン上でメタフォリカルな写像関係にあるクエリ語の発見方式
- 動詞句クエリ処理
文章形式のクエリ中の動詞句に着目し、この動詞句と同義関係や因果関係にある動詞句クエリを発見し検索する方式
- 投入クエリ履歴分析
投入クエリ履歴を分析しユーザの検索要求を明確化し適切なクエリを発見するために、網羅的検索に必要となるクエリを発見・推薦する方式や、「同位」関係にある投入クエリ履歴を発見しこれにより適切なクエリを発見する方式

① クエリパラフレーズング

(雑誌論文[5], 学会論文[1],[9],[20])

クエリを文章形式で表現した場合の検索の課題は、同様の意味をもつ複数の文章の存在である。例えば、「レモンはビタミンCが豊富」や「FaceBook が買収した会社は」といった文章形式のクエリを投入した場合、両者の文章にはそれぞれ同義の異なる文章が多数存在する。文字列マッチングで検索すると異なる文章を含む文書が検索もれになり、検索の再現率が大幅に低下する。

この問題を解決するには、与えられた文章クエリと同じ意味を持つ文章 (パラフレーズ) を発見し、発見された文章を用いて文字列マッチングを行えば、再現率の低下を防ぐことができる。我々が開発した方式では、例えば、以下のようなパラフレーズを発見できる。

Paraphrases Found: Examples

“Lemons are considered a high vitamin c fruit”

1. lemons are an excellent source of vitamin c
2. lemons are rich in vitamin c
3. lemons are high in vitamin c
4. lemons are packed with vitamin c
5. vitamin c obtained from lemons
6. lemons have a very high vitamin c content
7. boosts the immune system lemons are high in vitamin c
8. lemons contain a high amount of vitamin c
9. lemons are a rich source of vitamin c
10. the best know natural sources of vitamin c are the citrus fruit such as lemons
11. lemons are also sources of vitamins and minerals other than vitamin c
12. lemons and limes help keep your skin looking its best because they're rich in vitamin c
13. lemons are vitamin c rich citrus fruits
14. it is no longer news that we all need to use lemons every day because of the high amounts of vitamin c
15. lemons contain vitamin c

我々の提案する、パラフレーズクエリの発見アルゴリズムの概要は以下の通りである。

1. 与えられた文章クエリを、文章中の名詞語の組 N (例えば (Lemon, Vitamin C)) とテンプレート (名詞語以外の部分, 例えば, X are rich in Y) に分解。
2. N 中の名詞語を含む他の文章とそのテンプレート T' , N に対する同位語の組 N' を検索で求める。

3. $T'(N')$ が多く出現していれば、 T' は T のパラフレーズと見なす。多くの T' に対して $T'(N')$ が出現していれば N' は N の同位語組と見なす。
4. 上記のステップ3で、一般化 co-HITS アルゴリズムを適用。

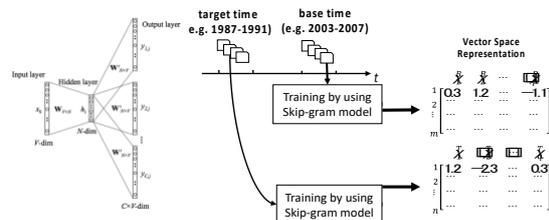
本アルゴリズムを 90 パターンの実クエリ、実データ上で実行した結果、適合率 24%の向上、(相対)再現率 63%の向上を得た。

② メタフォリカルなクエリ語発見

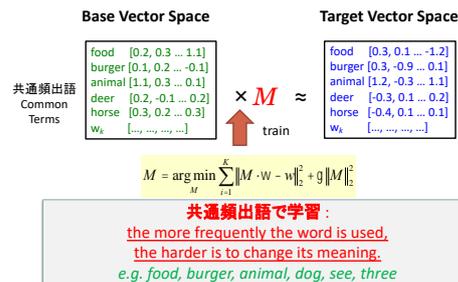
(雑誌論文[8],[9],

学会論文[2],[13],[19],[21],[29])

語の意味ベクトル空間の生成と調整



変換行列Mの導入による調整



あるドメインのオブジェクトと意味類似する他ドメインのオブジェクトを検索することは、2ドメイン間のメタフォリカルな写像を発見することと見なせる。求めた写像によって、検索に使用出来る新たなクエリ語発見と見なせる。このため、ドメイン毎に語の意味を機械学習した語の意味ベクトル空間を適切に変換する方式を開発した。

語の意味の機械学習には、語の(意味)の分散表現が可能な Skip-gram Neural Network を用いた。検索対象の情報源の文書から語の文脈情報を抽出収集し、これを Skip-gram Neural Network で学習させると、各語の意味は、学習済みの Skip-gram Neural Network の中間層のニューロンの値からなるベクトルで表現される。これにより、あるドメインにおける各語の意味を表すベクトル空間を形成することができる。異なる時空間ドメインにまたがった検索を行うためには、各ドメイン毎に意味ベクトル空間を形成すればよい。しかし、語の意味は、時間ドメインや空間ドメインによって変わるため、2つの意味ベクトル空間を調整する必要

が生じる。このため、本研究では、ドメイン毎に語の意味を機械学習した語の意味ベクトル空間を最適に変換するための変換行列を求める方式を開発した。

本研究は国際的にも大きなインパクトを与えることができ、ビッグデータ・ウェブ・自然言語処理分野のトップコンファレンスに立て続けに採択され国際的にも高い評価を得た。

③ 動詞句クエリ処理

(雑誌論文[13], 学会論文[26])

状況型検索要求に対する検索方式として、動詞・動詞句クエリに対応できる検索方式の研究を行った。具体的には、クエリの動詞句を達成させるための動詞句(アクション)をQAコーパスからマイニングし、発見された動詞句(アクション)で検索する方式を開発した。この研究成果はACM WI2017 国際会議や情報処理学会英文論文誌 JIP にて行った。さらに、動詞句の意味を語の分散表現法で学習し、類似する動詞句を有する空間オブジェクト(地物オブジェクト)を検索する方式も開発した。

④ 投入クエリ履歴分析

(学会論文[12],[15],[17])

投入クエリ履歴を分析しユーザの検索要求を明確化し適切なクエリを発見するために、網羅的検索に必要となるクエリを発見・推薦する方式、「同位」関係にある投入クエリ履歴を発見しこれにより適切なクエリを発見する方式を開発し、当該分野のトップコンファレンス ACM SIGIR2016 や ACM WI2016 で成果発表した。

集約的検索

具体的には、主に以下の方式を開発した。

- 比較評価データ学習による検索ランキング (雑誌論文[3], 学会論文[30])
商品などのオブジェクトの比較評価文を機械学習し、検索ランキングを行う方式を開発した。
- 多様性計算による情報の信頼性担保 (学会論文[10])
コミュニティQA (質問回答) サイトの回答者の信頼性判断のために、回答者の質問カテゴリの多様性計算を行い、信頼性の低い回答者の発見につながった。

① 比較評価データ学習による検索ランキング

商品レビューに現れる比較評価(例えば、「商品Aは商品Bよりも持ち運びやすい」など)や単体評価(例えば、「商品Cは持ち運びやすい」など)から、商品の属性に関する順序関係を機械学習し、商品の対象属性に関するランキングを行う。機械学習は、本研究で開発した Fuzzy Ranking SVM を用いている。さらに、機械学習のための教師データ不足

に対応できるように、属性間の依存関係(例えば、「重量が軽ければ持ち運び易さは高い」など)を考慮して教師データの追加的生成を行っている。収集した正解セットを用いて提案手法の評価を行い、本研究で提案した手法のランキング性能(正確度)が既存の手法に比べて大きく改善された。

② 多様性計算による情報の信頼性担保

QA (質問回答) サイトのユーザ(質問者, 回答者, 閲覧者)の中には、悪質な回答者(スパマー)が存在する。悪質な回答者が与えた回答(誤った回答)はQA に対する信頼性を落としかねない状況になっている。そのため、このような悪質なスパマー回答者を発見する手法が求められている。本研究では、回答者が回答している質問のカテゴリ数に注目し、「回答の質問カテゴリがあまりに多様である場合にはその回答者の回答は信頼できない」という仮説を立て、回答者の質問カテゴリの多様性分析を行った。結果として、多様性が高く、その回答者の利用期間が短い部分に、多くのスパマー回答者を発見出来た。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 13 件)

- [1] A. Jatowt, C.-M. A. Yeung, K. Tanaka: Generic Method for Detecting Focus Time of Documents, *Inf. Process. Manage.*, 51, 851-866 (2015).
- [2] 山本岳洋, 山本光穂, 田中克己: 役割に基づく協調検索における検索行動分析, *DBSJ 和文論文誌*, 14, 1-6 (2016).
- [3] 内田臣了, 山本岳洋, 加藤誠, 大島裕明, 田中克己: 経験的属性によるオブジェクト検索, *DBSJ 和文論文誌*, 14, 1-7 (2016).
- [4] 山肩洋子, 今堀慎治, 森信介, 田中克己: ワークフロー表現を用いたレシピの典型性評価と典型的なレシピの生成, *学会論文誌 D*, 24, 378-391 (2016).
- [5] M. Zhao, H. Ohshima, K. Tanaka: Paraphrasing Sentential Queries by Incorporating Coordinate Relationship, *J. of Inf. Process.*, 24, 721-731 (2016).
- [6] J.-L. Lu, M. P. Kato, T. Yamamoto, K. Tanaka: Entity Identification on Microblogs by CRF Model with Adaptive Dependency, *IEICE Trans.*, E99-D, 2295-2305 (2016).
- [7] B. Liu, M. P. Kato, K. Tanaka: Cognition-aware Summarization of Photos Representing Events, *IEICE Trans.*, E99-D, 3140-3153 (2016).
- [8] Y. Zhang, A. Jatowt, K. Tanaka: Causal Relationship Detection in Archival Collection of Product Reviews for Understanding

- Technology Evolution, ACM TOIS, 35, 3:1 – 3:33 (2016).
- [9] Y. Zhang, A. Jatowt, S. S. Bhowmick, K. Tanaka: The Past is Not a Foreign Country: Detecting Semantically Similar Terms across Time, IEEE TKDE, 28, 2793-2807 (2016).
- [10] J.-L. Lu, M. P. Kato, T. Yamamoto, K. Tanaka: Event Identification for Explicit and Implicit References on Microblogs, IPSJ J. of Inf. Process., 25, 505-513 (2017).
- [11] K. Umemoto, R. Song, J.-Y. Nie, X. Xie, K. Tanaka: Search by Screenshots for Universal Article Clipping in Mobile Apps, ACM TOIS, 35, 34:1-34:29 (2017).
- [12] A. Jatowt, D. Kawai, K. Tanaka: Time-focused Analysis of Connectivity and Popularity of Historical Persons in Wikipedia, Int'l. J. on Digital Libraries, Springer, pp.1-19 (2017).
- [13] S. Pothirattanachaikul, T. Yamamoto, S. Fujita, A. Tajima, K. Tanaka: Mining Alternative Actions from Community Q&A Corpus, to appear in IPSJ J. of Inf. Process. (2018).
- [学会発表] (計 30 件)
- [1] M. Zhao, H. Ohshima, K. Tanaka: Finding Paraphrase Facts Based on Coordinate Relationships, Proc. DASFAA2015 Int'l. Workshops, LNCS 9052, Springer, 135-151, Apr. 2015
- [2] Y. Zhang, A. Jatowt, S. S. Bhowmick, K. Tanaka: Omnia Mutantur, Nihil Interit: Connecting Past with Present by Finding Corresponding Terms across Time, Proc. ACL2015, Beijing, China, Vol.1, pp. 645-655, July 2015.
- [3] T. Yamamoto, M. Yamamoto, K. Tanaka: Analyzing Effect of Roles on Search Performance and Query Formulation in Collaborative Search, Proc. ECol2015, Melbourne, Australia, pp.3-6, Oct. 2015.
- [4] T.Kadowaki, Y.Yamakata, K. Tanaka: Situation-based food recommendation for yielding good results, Proc. ICME Workshops, Turin, Italy, June 2015.
- [5] J.-L. Lu, M. P. Kato, T. Yamamoto, K. Tanaka: Entity Identification on Microblogs by CRF Model with Adaptive Dependency, Proc. WI-IAT2015, 333-340, Singapore, Dec. 2015.
- [6] K. Akamatsu, A. Jatowt, K. Tanaka: Towards Solving Comprehensibility-Relevance Trade-off in Information Retrieval, Proc. WI-IAT2015, pp.1-8, IEEE Press, Dec. 2015.
- [7] Y. Tsuboi, A. Jatowt, K. Tanaka: Product Purchase Prediction Based on Time Series Data Analysis in Social Media, Proc. WI-IAT2015, pp. 219-224, IEEE Press, Dec. 2015.
- [8] Y. Takeda, H. Ohshima, K. Tanaka: Web Page Revisiting by Coordinate Page Discovery, Proc. iiWAS 2015, Brussels, Belgium, Dec. 2015.
- [9] M. Zhao, H. Ohshima, K. Tanaka: Sentential Query Rewriting via Mutual Reinforcement of Paraphrase-Coordinate Relationships, Proc. iiWAS 2015, Brussels, Belgium, Dec. 2015.
- [10] Y. Shoji, S. Fujita, A. Tajima, K. Tanaka: Who Stays Longer in Community QA Media? - User Behavior Analysis in cQA -, Proc. SocInfo2015, Beijing, China, LNCS 9471, Springer, pp.33-48, Dec. 2015.
- [11] M. P. Kato, K. Tanaka: To Suggest, or Not to Suggest for Queries with Diverse Intents: Optimizing Search Result Presentation, Proc. ACM WSDM2016, SF, CA, USA, pp.133-142, Feb. 2016.
- [12] K. Umemoto, T. Yamamoto, K. Tanaka: How do Users Handle Inconsistent Information? The Effect of Search Expertise, Proc. ACM SAC2016, pp. 1066-1071, Pisa, Italy Apr. 2016.
- [13] Y. Zhang, A. Jatowt, K. Tanaka: Detecting Evolution of Concepts based on Cause-Effect Relationships in Online Reviews, Proc. WWW2016, 649-660, Montreal, Canada, Apr. 2016.
- [14] A. Jatowt, D. Kawai, K. Tanaka: Digital History Meets Wikipedia: Analyzing Historical Persons in Wikipedia, Proc. JCDL2016, 17-26, ACM Press, Newark, NJ, USA, June 2016.
- [15] K. Umemoto, T. Yamamoto, K. Tanaka: ScentBar: A Query Suggestion Interface Visualizing the Amount of Missed Relevant Information for Intrinsically Diverse Search, Proc. ACM SIGIR2016, 405-414, Pisa, Italy, July 2016.
- [16] A. Jatowt, D. Kawai, K. Tanaka: Predicting Importance of Historical Persons using Wikipedia, Proc. ACM CIKM2016, 1909-1912, Indianapolis, IN, USA, Oct. 2016
- [17] Z. Chen, T. Yamamoto, K. Tanaka: Query Suggestion for Struggling Search by Struggling Flow Graph, Proc. IEEE/WIC/ACM WI 2016, pp.224-231, Oct. 2016.

- [18] S. Tanaka, A. Jatowt, K. Tanaka: Supporting News Article Understanding by Detecting Subject-Background Event Relations, Proc. IEEE/WIC/ACM WI 2016, pp. 256-263, IEEE Press, Oct. 2016.
- [19] Y. Zhang, A. Jatowt, K. Tanaka: How Good are Word Embeddings? Automatically Explaining Similarity of Terms, Proc. IEEE BigData2016, Washington D.C., USA, pp.823-832, Dec. 2016.
- [20] M. Zhao, H. Ohshima, K. Tanaka: Finding "Similar but Different" Documents based on Coordinate Relationship, Proc. ICADL2016, Tsukuba, Japan, LNCS 10075, Springer, pp. 110-123, Dec. 2016.
- [21] Y. Zhang, A. Jatowt, K. Tanaka: Is Tofu the Cheese of Asia?: Searching for Corresponding Objects across Geographical Areas, Proc. WWW2017, pp. 1033-1042, April 2017.
- [22] Y. Duan, A. Jatowt, K. Tanaka: Discovering Typical Histories of Entities by Multi-Timeline Summarization, Proc. ACM HT2017, Prague, Czech, pp.105-114, July 2017.
- [23] A. Jatowt, D. Kawai, K. Tanaka: Timestamping Entities using Contextual Information, Proc. ACM SIGIR2017, Shinjuku, Tokyo, Japan, pp.1205-1208, Aug. 2017.
- [24] W.Imrattanatrai, M.P.Kato, K.Tanaka: Entity search by leveraging attributive terms in sentential queries over RDF data, Proc. WI2017, Leipzig, Germany, pp.769-776, Aug. 2017.
- [25] D. Kataoka, M.P.Kato, T.Yamamoto, H.Ohshima, K.Tanaka: Context-aware relevance feedback over SNS graph data, Proc. WI2017, Leipzig, Germany, pp.823-830, Aug. 2017.
- [26] S.Pothirattanachaikul, T.Yamamoto, S.Fujita, A.Tajima, K.Tanaka: Mining alternative actions from community Q&A corpus for task-oriented web search, Proc. WI2017, Leipzig, Germany, pp.607-614, Aug. 2017.
- [27] R.L.García, M.P.Kato, K.Tanaka: A Propagation-based Method of Estimating Students' Concept Understanding, Proc. SocInfo 2017, Oxford UK, LNCS 10539, Springer, pp.611-627, Sept. 2017.
- [28] 松村優也, 大島裕明, 田中克己, 吉川正俊: 経験の分散表現による意味類似性判定と経験価値を提供する地物検索, 平成29年度情処学会関西支部大会, 2017.
- [29] Y.Zhang, A.Jatowt, K.Tanaka: Temporal Analog Retrieval using Transformation over Dual Hierarchical Structures, Proc. ACM CIKM 2017, Singapore, pp.717-726, Nov. 2017.
- [30] S. Uchida, T. Yamamoto, M. P. Kato, H. Ohshima, K. Tanaka: Entity Ranking by Learning and Inferring Pairwise Preferences from User Reviews, Proc. AIRS2017, Jeju, Korea, pp.141-153, LNCS 10648, Springer, Nov. 2017.
- [図書] (計4件)
- [1] D. Rafiei, K. Tanaka (Eds): Proc. of the First Int'l. Workshop on Novel Web Search Interfaces and Systems, NWSearch 2015, Melbourne, Australia, Oct. 23, 2015
- [2] 石田 亨編, 田中克己 (分担執筆): デザイン学概論, 京都大学デザインスクール・テキストシリーズ 【1】 巻, 第4章 情報のデザイン (分担執筆), 共立出版, 2016年04月
- [3] I. C.-Wattiau, K. Tanaka, I.-Y. Song, S. Yamamoto, M. Saeki: Conceptual Modeling - 35th Int'l. Conf., ER2016, Gifu, Japan, Nov.14-17, 2016, LNCS 9974, Springer, 2016.
- [4] 田中克己・黒橋禎夫編著: 情報デザイン, 京都大学デザインスクール・テキストシリーズ 【4】 巻, 共立出版, 2018年5月
- [その他]
ホームページ等
京都大学情報学研究科田中研究室業績
<http://www.dl.kuis.kyoto-u.ac.jp/wordpress/publication>
6. 研究組織
- (1)研究代表者
田中 克己 (Tanaka, Katsumi)
京都大学・情報学研究科・名誉教授
研究者番号: 0012375
- (2)研究分担者
アダム ヤトフト (Jatowt, Adam)
京都大学・情報学研究科・特定准教授
研究者番号: 00415861
大島 裕明 (Ohshima, Hiroaki)
兵庫県立大学・応用情報科学研究科・准教授
研究者番号: 90452317
加藤 誠 (Kato, Makoto)
京都大学・国際高等教育院・特定講師
研究者番号: 00646911
山本 岳洋 (Yamamoto, Takehiro)
京都大学・情報学研究科・助教
研究者番号: 70717636