

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500120

研究課題名(和文) 概念辞書によるユーザの潜在的検索要求のための情報検索システムの開発

研究課題名(英文) Development of Information Retrieval System for User's Latent Search Request Using Conceptual Dictionary

研究代表者

福元 伸也 (Fukumoto, Shinya)

鹿児島大学・理工学研究科・助教

研究者番号：40244264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ユーザの潜在的な検索要求に対応することのできる検索システムの開発を目指した。言葉の意味的要素の検討として、単語の意味的要素を特徴ベクトルに取り込むために、文書中に現れる出現単語とシソーラスの単語の意味属性を利用した特徴ベクトルの作成手法を提案した。また、クラスタリングにおいて、アンサンブル学習や機械学習フレームワークに複数の学習アルゴリズムを適用し、その性能について検証した。応用システムとして、3次元データを利用した直感的な操作が可能なインターフェイスの開発、また、画像検索など、テキストに限らず、画像や空間情報における検索の可能性を調査し、実システムの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research we have developed a new retrieval system which can realize a semasiological search in respond to latent request from users. To study semantic attribute of words, we have proposed a generation method of feature vector that uses the semantic attribute of the words appeared in texts and thesaurus, in order to put the semantic attribute of words into the feature vectors. Several learning algorithms were applied to framework of machine learning and ensemble learning for clustering. Then we have examined their performance. In application system, we have developed interactive user interface using three-dimensional data. As our new approaches, we have developed real systems using not only texts, but also images and spatial information to realize more intuitive user operation.

研究分野：機械学習，情報検索，画像処理

キーワード：情報検索 機械学習 クラスタリング

1. 研究開始当初の背景

検索において言葉の持つ多様性を考慮した情報検索を行うために、本研究では、概念ファジィ集合を利用して概念辞書を作成し、ユーザの感性や目的に近い検索結果を提供するシステムを開発する。既存の検索エンジンにおいて検索結果は、高精度な域に達していると言える。しかし、多くの検索エンジンは表記の一致で検索を行っているため、語の意味を解釈した検索を行うまでには至っていない。このような問題を解決するため、文脈の意味表現まで考慮する概念ファジィ集合を利用した研究がある。しかしながら、既存の研究では、規模の大きくないコーパスから辞書を生成しているため、作成された概念辞書が網羅する範囲も限定されている。本研究では、インターネット上から収集した大規模な Web アーカイブを利用して概念辞書を作成し、ユーザの感性や目的に近い検索結果を提供する検索システムの開発を目指す。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ユーザの潜在的な検索要求に対応することのできる意味的な検索が可能な検索システムを開発することである。従来の情報検索は検索語に対し、検索対象の表記が一致しているかどうかで検索を行っている。そのため、検索語の意味までは考慮されておらず、ユーザの検索要求を完全に満たしているとは言えない。そこで、語の概念の意味表現に、シソーラスを利用して、文脈における語の意味の多様性を内包した特徴ベクトルの生成法について検討する。また、意味的要素が集まったものが、概念辞書であり、関連する概念同士がうまく分類された概念辞書を作成するためには、どのようなクラスタリングを行うかが重要になる。クラスタリング法を検証するため、分散処理を考慮して、アンサンブル学習を適用する。

次に、計算速度の高速化のため、ハード面では、HPC (High Performance Computing) を利用したクラスターシステムを構築する。また、ソフト面では、リアルタイム処理に対応した機械学習フレームワークを用いて、分散処理システムの構築を図る。また、検索システムにおける優れたインターフェイスの開発のために、直感的な操作を利用したインタラクティブなインターフェイスや、テキストだけに限らず、画像や空間情報などを含んだ新たな情報提示システムの開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) クラスタリングにおける学習器

アンサンブル学習は、弱学習器と呼ばれるあまり精度の高くない学習器を複数用いて、その結果を組み合わせ、精度向上をはかる機械学習法である。アンサンブル学習では、異なるサンプルから単純なモデルを複数生成し、それらを統合することにより、全体と

しての精度を実現するモデルを構築する。アンサンブル学習の1つに、Random Forest (RF) がある。RF は、複数の木 (tree) によって構成される機械学習アルゴリズムである。ここの木は、決定木のこと、それぞれの決定木の性能はあまり高くなく、それらを複数組み合わせることにより、高い予測精度を持つ学習器となる。RF は、与えられたデータセットからブートストラップ・サンプルを作成し、いくつかの変数を用いて決定木を生成する。そして、OOB (Out-of-Bag) データを用いてテストを行い、推論誤差を求め、その結果を統合し、新たに分類器を構築する。分類問題においては、多数決を取り出力とする。本研究では、学習器として RF を用いてクラスタリングを行った。

(2) 分散処理機械学習

並列分散環境での機械学習が数多く開発されており、並列分散処理システムがオープンソースで提供されている。その1つに Hadoop ベースの機械学習プラットフォームとして開発された Mahout がある。Mahout は、バッチ処理方式で、蓄積されたデータに対して機械学習を行う。一方、リアルタイムで学習・予測を行う機械学習が開発されており、ストリーム型のデータに対応可能な機械学習フレームワークとして、Jubatus がある。Jubatus の処理は、Update, Analyze, Mix の3段階に分かれる。Update は、学習処理に相当し、Analyze は予測処理、Mix は、全マシンからローカルモデルの重みを集め、その平均を取る処理を行う。Jubatus は、機械学習やデータマイニングによるデータ分析に特化した大規模データ処理基盤であり、リアルタイム・ストリーム処理、分散並列処理、機械学習やマイニングなどの深い分析といった特徴を持っている。研究では、大規模データのリアルタイムでのデータ処理を考慮し、Jubatus を使用する。

(3) インターフェイス

検索語に関連する語句などをイメージ的に表示させるなど、使いやすい画面表示に関する検討の一環として、3次元データを利用した画面表示やインターフェイスについて検討する。我々は、タッチインターフェイスを搭載したタブレット端末を利用し、そのタブレット端末上で、アニメーションを直感的に操作できるように、空間分割の仕方やジェスチャの開始位置・方向を考慮して、アニメーションの状態遷移を決定する手法を提案する。アニメーション開始のトリガーとなるジェスチャの取得には、3次元的な空間情報を考慮したジェスチャマップを利用する。Android 端末上で、3次元データのオブジェクトを表示し、アニメーションの実行を確認し、また、視点の位置の変化によるジェスチャの向きの変更など、基本的な動作が正常に行われているか確認する。

(4) 3次元データへの拡張

Kinect の登場により、3次元データの取得が非常に容易になっており、3次元データの活用が期待されている。しかしながら、専門的な知識や技術を持たない個人や規模の小さい団体が、既存システムを用いて3次元アニメーションを制作することは困難である。研究では、人間の動作など常時動いているアクティブな物体を対象とした3次元キャラクターアニメーションの構造化手法について提案した。提案手法では、映像クリップから各フレームのポリゴンキャラクターの姿勢に最も近い姿勢を持つ骨格を探索し、各フレームに再格納することで、Kinect で得られる骨格推定データとの誤差を補正する。そして、補正された骨格情報を用いて状態遷移グラフを構築し、クリップのつなぎ目がより自然なアニメーションの生成を行った。(図1)

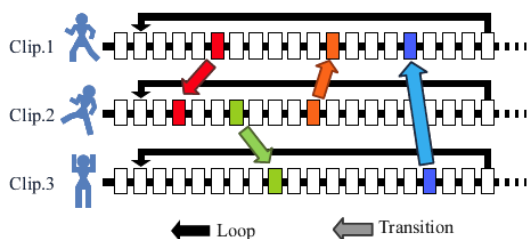


図1：アニメーション構成例

(5) 応用システムの開発

画像検索への応用として、インターネットから取得した画像がどの都市のものか判別する場合において、GPS のような位置情報が付加されていない画像から撮影位置を推定するには、視覚情報が重要な鍵となる。しかしながら、学習や検索に用いられる画像は、照明環境やカメラの視点が異なるため、推定することは難しい。研究では、都市の画像から照明変化の影響を受けにくいHOG特徴量を用いて特徴量を抽出し、Support Vector Machine (SVM) や Random Forest, Deep Learning などの手法を用いて、画像の撮影

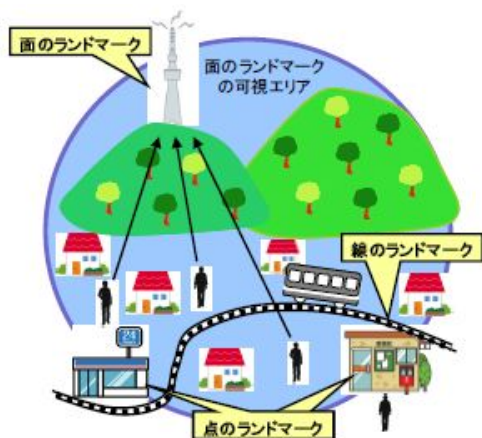


図2：ランドマークを用いたナビゲーション

位置推定を行う手法を開発した。また、経路検索への応用として、GIS データを用いたナビゲーションシステムを開発した。研究では、ランドマークを視認できる範囲の形状や現在位置の推定能力から区別される点・線・面の3種類のランドマークを定義して経路の探索を行う方法を開発した。(図2)

4. 研究成果

(1) クラスタリング学習のための単語特徴ベクトルを生成するため、文書中の出現頻度を利用して共起行列を作成する。従来の出現単語のみの共起頻度による特徴ベクトル生成では、似ている意味を持つ単語の特徴ベクトルの距離が離れてしまう問題があった。研究では、分類語彙表の意味属性を利用することにより、その問題の解決を図った。意味属性を利用した特徴ベクトルでは、出現単語のみを利用し生成した場合に対し、ベクトルの次数を大幅に抑えることができ、その結果、特徴ベクトルのスパース化を防ぎ、計算コストの削減を図ることができた。

(2) クラスタリングでは、単語特徴ベクトルを学習データとして用いて学習する。学習器には、近年、Kinect の姿勢推定やコンピュータビジョンなど幅広い分野で注目を集めている Random Forest (RF) を利用した。RF は、複数の決定木により構成され、それらを複数組み合わせることにより、高い予測精度を実現する。意味属性を考慮した特徴ベクトルを学習データとして、RF に与え、学習および識別を行った。実験では、ニュース記事のカテゴリ分類を試みた。これを、パターン識別の代表的な手法である Support Vector Machine (SVM) とアンサンブル学習の1つである Bagging と比較した。その結果、RF を利用した手法での識別率が最も高くなり、また、 $p < 0.05$ で RF 利用した手法は、SVM と Bagging を用いた手法に対し有意差があった。

(3) リアルタイムで学習・予測を行う機械学習が開発されている。その中で、ストリーム型のデータに対応可能なオープンソースの機械学習フレームワークとして Jubatus がある。研究では、大規模データのリアルタイム処理を考慮し Jubatus を利用した。Jubatus 上でいくつかの学習アルゴリズムを動かして、クラスタリング精度を検証した。ここでのクラスタリングは、多クラス分類であり、学習アルゴリズムとして、Perceptron, Passive Aggressive (PA), Confidence Weighted Learning (CW), Adaptive Regularization of Weight Vector (AROW) の4手法を用いて比較を行った。これらの学習アルゴリズムを用いて文書分類を試みたところ、AROW を適用した場合において、最も高い識別結果が得られたが、 $p < 0.05$ において、AROW と PA, CW の手法間に有意差はなかった。

(4) 検索語の入力方法や検索システムのユーザインターフェイスなどの全体的なユーザビリティの向上を図るため、3次元データを利用した画面表示など新たな手法に対する検討を行った。タブレット端末上で視点の位置の変化に対応して、ジェスチャの向きを判定し、アニメーションを直感的に操作できるインタラクティブなユーザインターフェイスを開発した。(図3)

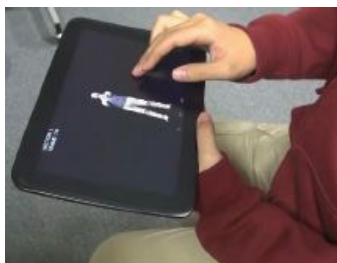


図3：3次元コンテンツ表示システム

(5) 実システムとして、画像検索では、世界の主要な都市を識別するシステムを開発した。システムでは、Google Street View から対象となる都市の画像を取得し、画像の撮影位置を推定した。京都・ニューヨーク・パリの3都市の認識では、およそ80%という高い認識率を得ることができた。(図4)

また、経路検索のシステム例として、ランドマークの可視領域情報を用いて生成された経路グラフにより経路探索を行い、探索経路



(a) 京都



(b) ニューヨーク



(c) パリ

図4：都市の画像データベース

を提示するシステムを開発した。提案システムでは、サンフランシスコ市全域のGISデータを用いてランドマーク可視性マップを作成した。その結果、ランドマークの視認性が高く、記憶しやすい経路の提示が可能となった。(図5)

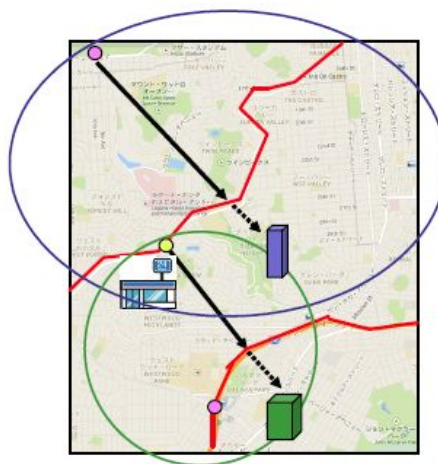


図5：生成された経路グラフ

(6) まとめ

シソーラスを用いて言葉の意味を内包した特徴ベクトルを生成する手法を提案し、機械学習アルゴリズムを利用して概念辞書を作成した。また、3次元コンテンツ表示システムにおける利用しやすいインターフェイスや、画像からの撮影位置推定、ランドマークの可視性を考慮したナビゲーションシステムなど、実アプリケーションの開発を行った。ただし、インターフェイスおよび実アプリケーションでは、将来的な概念辞書の利用を視野に入れつつ、両者の融合が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5件)

福元和真, 川崎洋, 小野晋太郎, 子安大士, 池内克史, “都市画像の学習による地域推定手法の提案”, 生産研究, 査読無, Vol.67, No.2, pp.105-111, 2015, https://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankenkyu/67/2/67_105/_article/-char/ja/

Shoko Wakamiya, Yukiko Kawai, Hiroshi Kawasaki, Ryong Lee, Kazutoshi Sumiya, Toyokazu Akiyama, "Crowd-sourced Prediction of Pedestrian Congestion for Bike Navigation Systems", Proceedings of the 5th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Geo Streaming (IWGS2014), 査読有, pp.25-32, 2014, DOI: 10.1145/2676552.2676562

Masayuki Furukawa, Yasuhiro Akagi, Yukiko Kawai, Hiroshi Kawasaki, "Interactive 3D Animation Creation and Viewing System based on Motion Graph and a Pose Estimation Method", Proceedings of the 22nd ACM International Conference on Multimedia, 査読有, pp.1213-1216, 2014, DOI: 10.1145/2647868.2655055

Rina Yonekura, Yasuhiro Akagi, Satoshi Ono, Yukiko Kawai, Hiroshi Kawasaki, "Navigation System which Uses Visibility Map of Landmarks to Reduce Reference Count of the Map", The 4th IEEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing 2014, 査読有, 2014.

Kazuma Fukumoto, Hiroshi Kawasaki, Shintaro Ono, Hiroshi Koyasu, Katsushi Ikeuchi, "On-Vehicle Video Localization Technique based on Video Search using Real Data on the Web", International Journal on Intelligent Transportation Systems Research, 査読有, Vol.13, pp.63-74, 2014, DOI:10.1007/s13177-014-0086-z

[学会発表](計22件)

- 1) 米倉梨菜, 森永寛紀, 若宮翔子, 赤木康宏, 小野智司, 河合由起子, 川崎洋, "点と線と面のランドマークによる道路地図に頼らないナビゲーション・システム", インタラクシオン 2015, 2015.3.5, 日本科学未来館(東京都・江東区)
- 2) Shoko Wakamiya, Rina Yonekura, Yukiko Kawai, Hiroshi Kawasaki and Kazutoshi Sumiya, "Memorable Landmarks Extraction based on Popularity and Visibility for Navigation Systems", 第7回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2015), 2015.3.3, 磐梯熱海ホテル華の湯(福島県・郡山市)
- 3) 福元伸也, 淵田孝康, "単語の共起関係を利用した概念的特徴ベクトルの生成", 第7回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2015), 2015.3.3, 磐梯熱海ホテル華の湯(福島県・郡山市)
- 4) 福元和真, 川崎洋, 小野晋太郎, 子安大士, 池内克史, "都市画像の学習による地域

推定手法の提案", 第12回 ITS シンポジウム 2014, 2014.12.5, 東北大学百周年記念会館 川内萩ホール(宮城県・仙台市)

- 5) 福元伸也, 淵田孝康, "単語の共起関係に基づく機械学習による文書分類", 第160回データベースシステム研究会, 2014.11.18, 芝浦工業大学(東京都・江東区)
- 6) 谷山友規, 赤木康宏, 沖佳憲, 伊藤源太, 桃井康行, 川崎洋, "HMDを用いた3次元データとシーンの位置合わせを実現するAugmented Realityシステムの提案", 第19回日本バーチャルリアリティ学会, 2014.9.19, グランフロント大阪(大阪府・大阪市)
- 7) 木村亮介, 古川真行, 河合由紀子, 赤木康宏, 川崎洋, "kinectを複数台用いた人体の全周3次元アニメーションをインタラクティブに制作するシステムの提案", 平成26年度電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2014.9.19, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)
- 8) 山下裕史, 池内克史, 川崎洋, 赤木康宏, "人体の形状変形特徴を考慮した木構造に基づくモーショントラッキング手法の提案", 平成26年度電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2014.9.19, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)
- 9) Shoko Wakamiya, Yukiko Kawai, Hiroshi Kawasaki, Ryong Lee, Kazutoshi Sumiya and Toyokazu Akiyama, "Towards Crowd-sourced Urban Navigation System based on Estimation of People Jam", The 6th International Workshop with Mentors on Databases, Web and Information Management for Young Researchers (iDB Workshop 2014), 2014.7.31, 九州大学医学部百年講堂(福岡県・福岡市)
- 10) Hitoshi Masuyama, Hiroshi Kawasaki, Furukawa Ryo, "Depth from Projector's Defocus Based on Multiplex Pattern Projection", 第17回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2014), 2014.7.30, 岡山コンベンションセンター(岡山県・岡山市)
- 11) Yuki Matsushita, Hiroshi Kawasaki, Shintaro Ono, Katsushi Ikeuchi, "Simultaneous Deblur and Super-resolution from Multiple Images Captured by Handheld Video-cam", 第17回画像の認識・理解シンポジウム

- (MIRU2014), 2014.7.29, 岡山コンベンションセンター(岡山県・岡山市)
- 12) 福元和真, 川崎洋, 小野晋太郎, 子安大士, 池内克史, “位置情報の付属していない車載カメラ映像のグローバルな撮影位置推定手法”, 第 192 回コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 CVIM, 2014.5.16, 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府・東大阪市)
 - 13) 尾脇拓朗, 福元伸也, “単語の意味を考慮した共起ベクトルによるテキスト分類”, DEIM Forum 2014, 2014.3.4, ウェスティンホテル淡路(兵庫県・淡路市)
 - 14) Yasuhiro Akagi, Masayuki Furukawa, Shinya Fukumoto, Yukiko Kawai, Hiroshi Kawasaki, "A Content Creation System for Interactive 3D Animations", The 2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2013.7.18, San Jose (USA)
 - 15) Yasuhiro Akagi, Masayuki Furukawa, Shinya Fukumoto, Yukiko Kawai, Hiroshi Kawasaki, "Interactive 3D Animation System Based on Touch Interface and Efficient Creation Tools", The 2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2013.7.17, San Jose (USA)
 - 16) Masayuki Furukawa, Yasuhiro Akagi, Shinya Fukumoto, Hiroshi Kawasaki, Yukiko Kawai, "Seamless Interaction Between Real Object and Animated 3D Model", CHI 2013 Workshop on Human Computer Interaction for Third Places, 2013.4.27, Paris (France)
 - 17) 尾脇拓朗, 福元伸也, 赤木康宏, 川崎洋, 河合由起子, “機械学習分散処理フレームワークによる概念辞書構築”, 2013 年電子情報通信学会総合大会, 2013.3.21, 岐阜大学(岐阜県・岐阜市)
 - 18) 米倉梨菜, 赤木康宏, 福元伸也, 白石優旗, 河合由起子, 川崎洋, “スケジュール管理表と連動した寄り道ナビゲーションシステム”, 2013 年電子情報通信学会総合大会, 2013.3.19, 岐阜大学(岐阜県・岐阜市)
 - 19) 古川真行, 福元伸也, 赤木康宏, 川崎洋, 河合由起子, “タッチインタフェースによるインタラクティブな 3D アニメーションシステムの提案”, インタラクション 2013, 2013.2.28, 日本科学未来館(東京都・江東区)
 - 20) 赤木康宏, 森永寛紀, 福元伸也, 川崎洋, “ライブカメラ画像および風予報に基づく桜島の降灰予測システムの開発”, グラフィクスと CAD 研究会, 2013.2.19, 東京大学柏図書館メディアホール(千葉県・柏市)
 - 21) 新村純一, 湊田孝康, 福元伸也, 吉本麻里, “Ameba ブログの文書を用いた単語間関連度の算出”, 第 65 回電気関係学会九州支部連合大会, 2012.9.25, 長崎大学(長崎県・長崎市)
 - 22) Masayuki Furukawa, Shinya Fukumoto, Hiroshi Kawasaki, Yukiko Kawai, "Interactive 3D Animation System for Web3D", 2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2012.7.10, Melbourne (Australia)
- 〔産業財産権〕
出願状況(計 1 件)
- 名称: ナビゲーションシステム、ナビゲーション方法及びプログラム
発明者: 川崎洋, 小野智司, 赤木康宏, 米倉梨菜, 河合由起子
権利者: 同上
種類: 特許
番号: 特願 2014-170482
出願年月日: 平成 26 年 8 月 25 日
国内外の別: 国内
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
福元 伸也 (FUKUMOTO, Shinya)
鹿児島大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号: 40244264
 - (2) 研究分担者
川崎 洋 (KAWASAKI, Hiroshi)
鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 80361393
(平成 26 年度より研究分担者, 平成 24 年度および 25 年度は連携研究者)
 - (3) 連携研究者
湊田 孝康 (FUCHIDA, Takayasu)
鹿児島大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 70253911
- 赤木 康宏 (AKAGI, Yasuhiro)
東京農工大学・大学院工学研究院・特任准教授
研究者番号: 90451989