

Evaluation of Granularity of Keywords with Global and Local Document Frequencies

下司, 義寛
九州大学理学部物理学科

和多, 太樹
九州大学大学院システム情報科学府

安元, 裕司
九州大学大学院システム情報科学府

山田, 泰寛
九州大学大学院システム情報科学府

他

<http://hdl.handle.net/2324/2949>

出版情報：情報処理学会研究報告：自然言語処理. 2005 (73), pp.7-12, 2005-07. 情報処理学会
バージョン：

権利関係：ここに掲載した著作物の利用に関する注意 本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。



文書群の局所性と大域性の差を利用したキーワード粒度評価

下司義寛[†] 和多太樹^{††} 安元裕司^{††} 山田泰寛^{††} 関隆宏^{†††}

廣川佐千男^{††††}

[†] 九州大学理学部物理学科

^{††} 九州大学大学院システム情報科学府

^{†††} 九州大学大学評価情報室

^{††††} 九州大学情報基盤センター

E-mail: [†]{y-shimo,t-wada,y-yasu}@i.kyushu-u.ac.jp, ^{††}yshiro@matu.cc.kyushu-u.ac.jp,
^{†††}tsekiuoc@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp, ^{††††}hirokawa@cc.kyushu-u.ac.jp

あらまし 検索エンジンによるキーワード検索をするとき、検索結果が数千件もあり多過ぎたり、数件しかなく少な過ぎて求める文書が得られないことがある。前者では検索を狭めるため粒度がより細かいキーワードが必要であり、後者では検索を広めるためより粒度が荒いキーワードが必要である。また、検索対象とする文書群に応じて単語の粒度も違ったものとなる。本稿では、二つの文書群における単語の文書頻度を比較することにより、それぞれの文書群におけるキーワードの専門性とその文書群におけるキーワードの粒度の評価法を提案する。

Evaluation of Granularity of Keywords with Global and Local Document Frequencies

Yoshihiro SHIMOJI[†], Taiki WADA^{††}, Yuji YASUMOTO^{††}, Yasuhiro YAMADA^{††}, Takahiro SEKI^{†††}, and Sachio HIROKAWA^{††††}

[†] Department of Physics, Kyushu University

^{††} Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

^{†††} Office for Information of University Evaluation, Kyushu University

^{††††} Computing and Communications Center, Kyushu University

E-mail: [†]{y-shimo,t-wada,y-yasu}@i.kyushu-u.ac.jp, ^{††}yshiro@matu.cc.kyushu-u.ac.jp,
^{†††}tsekiuoc@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp, ^{††††}hirokawa@cc.kyushu-u.ac.jp

Abstract Appropriate choice of query word are crucial to obtain a good search result. If it is too vague or too general, several thousand of results would be obtained. On the other hand, if it is too specific, the number of documents retrieved would be too few. More fine keywords are necessary in the former and query expansion is necessary in the latter. Speciality and granuality are two key aspects to evaluate appropriateness of of keywords in searching documents. This report proposes a method to analyse speciality and granularity of keywords using global and local document frequencies of the keywords.

1. はじめに

検索エンジンによるキーワード検索をするとき、検索結果が数千件もあり多過ぎたり、数件しかなく少な過ぎて求める文書が得られないことがある。前者では検索を狭めるため粒度がより細かいキーワードが必要であり、後者では検索を広めるため

より粒度が荒いキーワードが必要である。文書を特定するためにキーワードを使うという状況は検索のときだけとは限らない。研究論文を書くときに、関連するキーワードを登録することがあり、広い分野を示すキーワードを記入すべきか、特定の分野におけるその論文の特徴を表す専門用語を記入すべきか迷うことがある。いずれの場合でも、対象となる文書群がどのような

どのような文書群において位置付けされるかに応じて、適切なキーワードが選択されなければならない。そのためには、一つの文書だけでなく、文書群についての専門用語の抽出とそれぞれの単語の関連、例えば上位下位関係の知識が必要となる。

[4]では、検索質問拡張の技法を、シソーラスや辞書などの外部資源を使うものと、適合フィードバックを利用するものに分けている。後者では、[13]のように係受けのような自然言語処理を使うものだけでなく、文書とキーワードの関係をベクトル空間モデルとしてとらえる方式も多く提案されている。例えば、[1],[3],[5],[10]では行列の分解やクラスタリングにより質問検索拡張を行なう方法が示されている。

一般的なシソーラスを利用したり、あるいは分野に応じたシソーラスを利用することで、検索の絞り込みや検索質問拡張の効率を上げることができる。シソーラスの構築は人手と手間が掛かる。自動的に構築できれば多くの種類の文書群について検索効率の改善が期待できる。例えば、[7],[8]では論文や新聞記事を対象として専門用語やイベント情報を抽出する方法が提案されている。[12]ではHTML文書から単語間の上位下位関連の抽出法が提案されている。[6]では出現頻度と接続頻度の解析により専門用語抽出が可能であることが示されている。このような専門用語の抽出と収集は、シソーラス構築だけでなく、専門用語辞書や百科辞典構築の基礎技術として期待されている[2],[10]。

本稿では、キーワードの粒度や専門性は、単独の文書から決まるものではなく、想定される文書群との比較によって決まると考える。局所的な文書群と大域的な文書群においてキーワードの文書頻度の違いに着目し、キーワードの専門性とキーワードの粒度を評価する方法を検討する。

2. 文書頻度による単語の一般性と専門性識別

分野によっては専門用語集が入手可能なこともあるが、人手で専門用語集を作ることは手間の掛かる大変な作業である。新しいテーマや発展の早い分野では、自動化が必須である。一つの文書を対象とする方式には、見出しや文書の冒頭から重要キーワードを抽出するものや、そこに現れる単語の係り受け関係などの自然言語解析を用いるものや、項頻度のような統計量を用いるものがある。しかし、一般的に検索エンジンでは、ある単語の重要度は一つの文書だけでなく、検索対象となる文書群全体に依存するという考えに基づき、項頻度 (term frequency) と文書頻度 (document frequency) を合わせた TFIDF が用いられることが多い。

本稿では、ある分野の文書群が与えられたとき、その文書群の特徴的用語を抽出する方法として文書頻度を利用する方法を考察する。筆者らは[11]で教員の活動概要文書について、項頻度、文書頻度、反復度、TFIDFなどの観点から特徴語抽出を行なったが、全体的な分析のみで、部局や分野ごとの分析はできていなかった。本稿では、[14]で導入した二つの文書群を比較することで、文書群の特徴的キーワードを抽出する方法を改良する。具体的には、各教員の活動概要の文書を使って、ある

部局に所属する教員の文書群と他部局の教員の文書群と比較する方法と、ある単語を含む文書群と異なる単語を含む文書群を比較する方法の2つについて検討する。対象とする分野に特有の単語は、その文書群においては文書頻度が高く、異なる分野の文書群や一般の文章群では文書頻度が低いと考えられる。そこでそれぞれの単語 w_i について、対象とする文書群 A における文書頻度 $x_i = df(w_i, A)$ を x 座標、比較対象とする文書群 B における文書頻度 $y_i = df(w_i, B)$ を y 座標として平面にプロットする。一般的な単語であれば、文書群 A でも文書群 B でも文書頻度は文書の総数に比例して現れるので、回帰直線の周囲に分布すると予想される (図 1)。[14]においては式 (1),(2) により定まる回帰直線 $y = ax + b$ を用いたが、本稿では $b = 0$ とした回帰直線を考える。実際、全ての単語を考えると、文書群 A にも文書群 B にも現れないものが大半であって、結果的には $b = 0$ となる。また、文書群 A に現れず文章群 B だけに現れる単語が多数ある場合、 b の値は正となる。このため回帰直線 $y = ax + b$ を用いると、文書群 B の特徴的単語であるにも関わらず、 $y = ax + b$ より下に現れという理由で、一般的な単語あるいは文書群 A の特徴的単語として誤って認識されることになる。

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \dots (1)$$

$$b = (\sum_{i=1}^n y_i - a * \sum_{i=1}^n x_i) / n \dots (2)$$

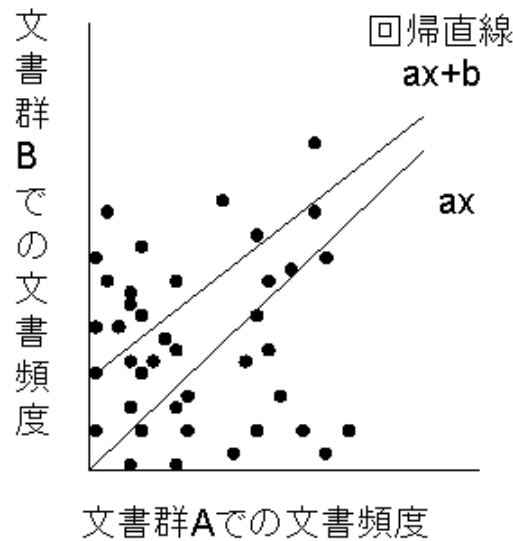


図 1 異なる文書群における文書頻度の違い (模式図)

3. 教員データについての実験

本稿では、九州大学研究者情報^(注1)として公開される各教員の活動概要の文書を実験対象として、単語の粒度と専門性の評価方法を検討した。具体的には、下記の5部局(大学院)の教員情報を使った。

(注1): <http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/>

部門	芸術工学	経済	理工	園子	システム 情報科学	計
文書数	98	58	178	90	110	534
文書総サイズ	47007	64242	174604	77847	105802	469502
平均文書サイズ	479	1107	980	864	961	879
名詞総数	2824	3238	7080	3673	4320	21135

表 1 教員データ詳細 (サイズはバイト)

文書群 A での文書頻度を x 座標、文書群 B での文書頻度を y 座標として両対数でプロットすることでそれぞれの文書群の特徴的単語を分析する。

3.1 局所的文書群と全体の比較 部局と全体の比較

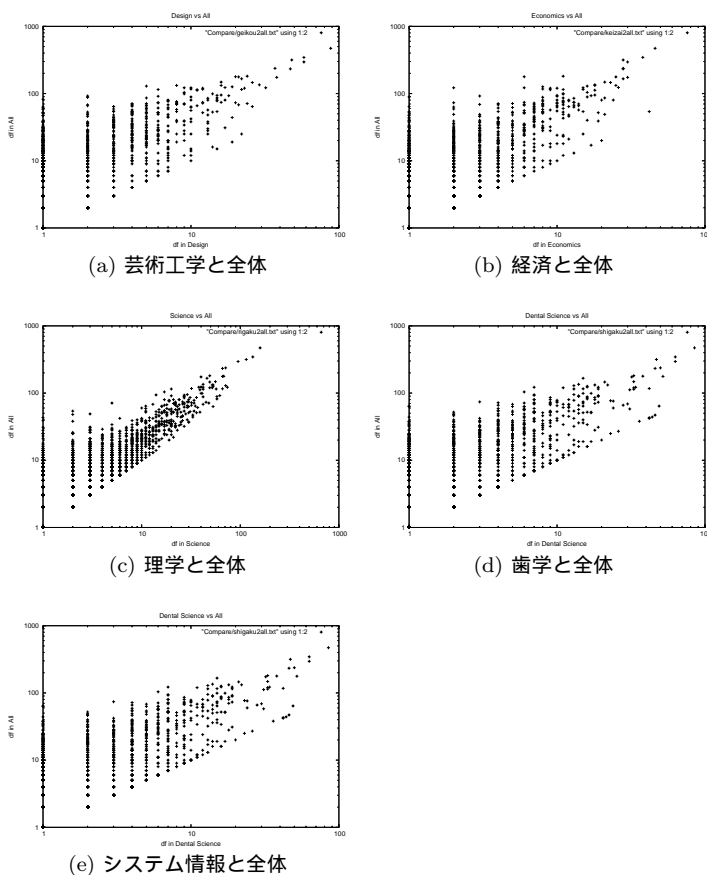


図 2 文書頻度比較 (部局と全体)

文書群 A が全体 (文書群 B) の部分集合の場合、文書群 A についての文書頻度は対角線より上にプロットされることになる。対角線上にプロットされる単語は、文書群 A だけに現れる単語である。図 1 では、全体の文書数がそれぞれの部局の文書数より 2 ~ 5 倍あるので、回帰直線 $y = ax$ の係数 a も 2 ~ 5 となる。また、 x の値が同じ単語については、 y の値が大きいくほど、文書群 A 以外に多く現れていることになる。このように文書群 A が文書群 B の部分集合の場合には、文書群 A の特徴的単語を単純に回帰直線で考えることは妥当ではない。そこで、ある単語 w が文書群 A に特徴的であることの捉え方として、

$$df(w, A)/df(w, B) > 0.5 \dots (3)$$

この式で、ある単語 w が特定の文書群 A に対して文書群 B 以上の文書となっているときに、単語 w は文書群 A の特徴的単語と捉える。こうして得られた単語が表 2 である。単純に文書群 A における文書頻度の高い単語を考えると、「研究」、「教育」、「社会」、「活動」、「担当」、「演習」のように、全体においても文書頻度の高いものが選ばれる。式 (3) の局所性を考えることにより、このような一般的な単語が除去されている。

文書頻度	単語
3	メディアアート 音響実験 家具 絵画 居住 建築環境 住宅 初級体験講座 色彩 人工環境 彫刻 産学連携 授業科目 初級 騒音 如何 画像処理 動 人類 比較研究
4	コンピュータグラフィックス 持続的 造形 審査 室内 日本語
5	快適 外書講読 九州芸術工科大学 美術 講読 語 公開講座 目 知覚 伝統
6	芸術工学部 聴覚 メディア 持続 音楽 創造
7	景観 作品 コミュニケーション 映像 近代 体験 実践
9 以上	心理 (9) 音響 建築 視覚 都市 (10) 表現 (13) 音 (14) 芸術 (15) 人間 (17) 文化 (19) デザイン (22)

表 2 芸術工学の特徴的単語

キーワードでできる文書群と全体の比較

文書群 A として、部局でなく一つのキーワードを含む文書群としても同様に特徴的単語を抽出することができる。この場合、得られるのは与えたキーワードと関連の強い単語と見なせる。図 3.1 と同様に、各単語の文書頻度は対角線よりも上にプロットされている。表 3 に、「機能」から抽出されたキーワードの一覧を示す。

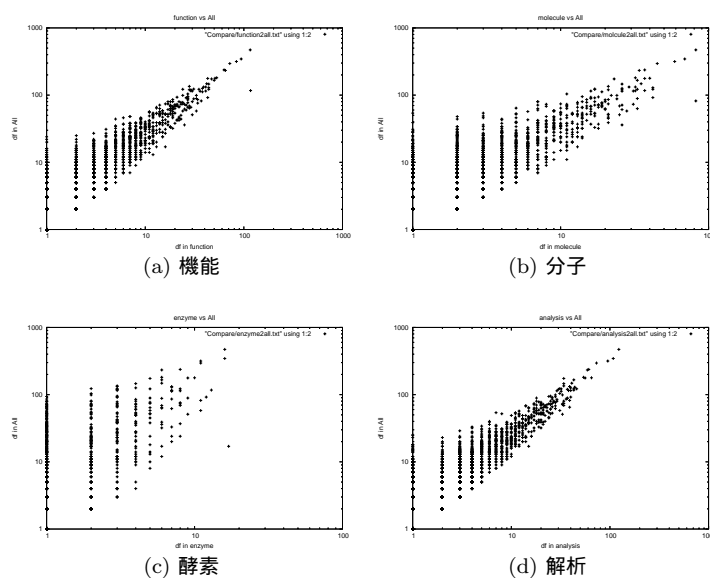


図 3 文書頻度比較 (キーワードと全体)

文書頻度	単語
3	クローン ノックアウトマウス ブラキシズム ホスホリパーゼ 外傷 基盤研究 機能的 口腔感覚 抗体 航空 死 主役 充実 食 新素材 組織学的 速配位子板 福岡女子大学 保健所 臨床教育 リガンド 一定芽 外部 干涉 客観的 球 共有 強調 菌 九州大学病院 血液 研究基盤 顧問 士 歯周病細菌 実験手法 写真 心身 創出 地理 長距離 痛 定 電磁気学 内分泌 病原因子 物理的 満足 齢 シンポジウム タイプ ホームページ ミクロン リスク 幹 基礎化学熱力学 帰国 局所 研究中 互 高次 高速化 高齢 座 腫瘍 受託 晶 添加 特質 発育 普遍的 福岡市 誘導体 咬合
4	イノシトール オルガネラ 顎顔面形態 機能発現 財 大脳 破骨細胞 保免疫系 養 亢進 シナプス ホルモン 官 細胞内情報伝達 修飾 身 大学院時代 秩序 提示 糖 両面 サイズ センサ ニューロン 医学部 基礎実習 欠損 三次元 社会的 食物 創 定期 防御 味覚 確認 三手術 上皮 認 筆者
5	プロテアーゼ 分泌 薬剤 ライター 遺伝子発現 産 本質 何 親和 アミノ ゲノム シグナル 基質 操作 捉 低下 独自 病態 健康 配置 薬 薬理 優
6	義歯 客観 筋 未知 ナノ 吸収 中枢 味 クローニグ 歯周病 素材 発達 細胞内 指標 配列 ラット 今 分化 予定 類似
7	咀嚼機能 医師 加工 蛋白質 分解 補綴 株 示唆 変異 結 代謝 病原 アプローチ 学内
8	刺激 脳 分子機構 受容体 特異的 無機 原因 プロセス 引 作
9	マウス 脂質 リン 標的 臨床実習 維持 研究課題 能力 最新
10 以上	症 患者 特定 計測 (10) 介 異常 果 (11) 咀嚼 病 免疫 伝達 発見 誘導 (12) 酵素 受容 (13) 新規 蛋白 因子 基盤 (15) タンパク 顎 (16) 膜 形態 (18) 遺伝子 (19) 治療 (20) 役割 (22) 歯科 (23) 発現 (25) 質 (30) 細胞 (33) 機能 (117)

表 3 全文書と比較による「機能」の関連語

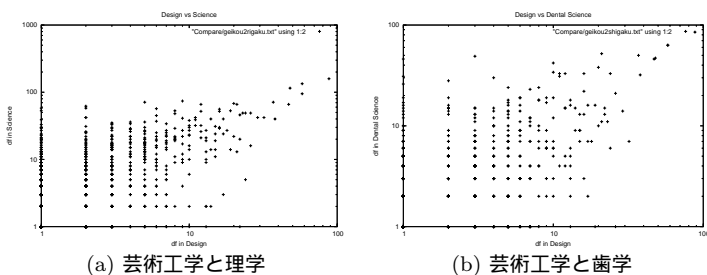


図 4 文書頻度比較 (部局間)

3.2 局的文書群同士の比較

部局と部局の比較

図 4 から得られる芸術工学研究院の特徴語を表 4 に示す。両方に共通に現れるのは 129 個、理学部との比較結果だけに現れるのが 83 個、歯学部との比較結果に現れるのが 17 個である。このように、同じ文書群でも比較対象が異なると得られる特徴

キーワードとキーワードの比較

与えられた二つのキーワードをそれぞれ含む文書群について、単語の文書頻度をプロットしたのが図 5 である。機能、分子、酵素、解析という関連があると思われる 4 つのキーワードについて文書頻度を相互に比較した。文書全体との比較である図 3 とは違い、対角線の下上にプロットされている。機能を含む文書群の特徴語を、それぞれ分子、酵素に関連する文書群と比較して得られた単語の一覧を表 5 に示す。詳細な分析はまだできていないが、微妙な違いが得られているように思える。

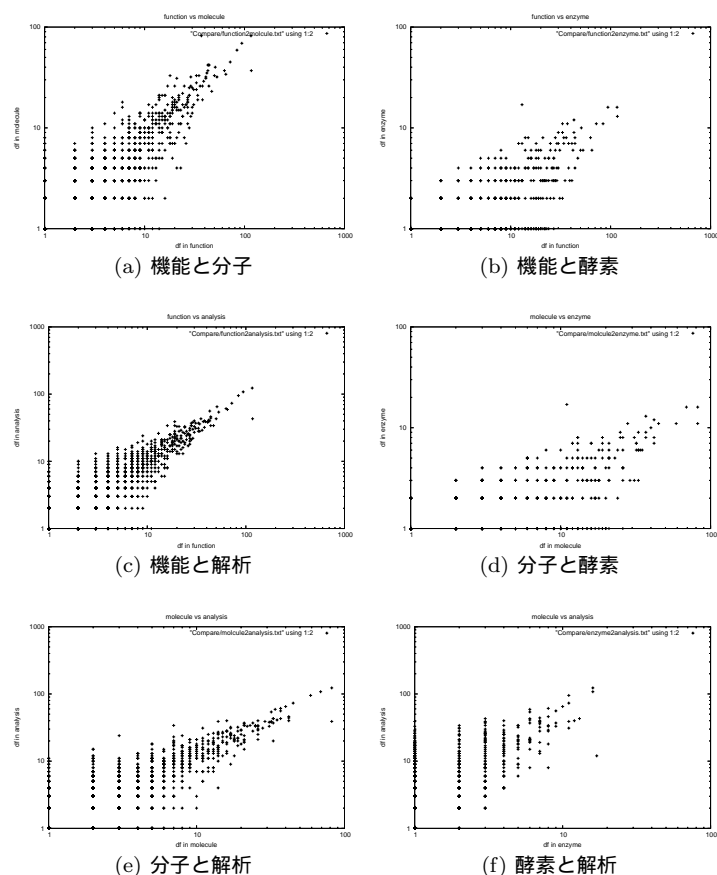


図 5 文書頻度比較 (単語間)

4. まとめと今後の課題

二種類の文書集合における単語の文書頻度の差を比較することで、単語の粒度や専門性を評価する方式を提案した。実験データとして、芸術工学、経済、理学、歯学、システム情報の 5 つの部局の大学教員の活動概要を用い定性評価を行なった。また、機能、分子、酵素、解析という 4 つのキーワードをそれぞれ含む文書群において、特徴的キーワードの抽出を行なった。同じ文書群であっても比較対象が異なれば違った特徴的キーワードが抽出できることを確認できた。今後、分野ごとに確立した専門用語集との比較や、他のデータを使った実験を行なう予定である。

- [1] 土肥広典, 青野雅樹, 双クラスタリングに基づく検索質問拡張法, 電子情報通信学会 第 2 回 Web インテリジェンス研究会, IEICE SIG Notes WI2-2005-18, 2005.
- [2] 藤井敦, 石川徹也, World Wide Web を用いた事典知識情報の抽出と組織化, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-D2, No.2, pp.300-307, 2002
- [3] 金谷敦志, 梅村恭司, 相関係数を用いた実証的重みの分析と検索質問拡張, 情報処理学会研究報告 Vol.2003-FI-73, pp.17-24, 2003
- [4] 岸田和明, 岩山真, 江口浩二, 検索実験の方法と実際:NTCIR ワークショップでの試み, NTCIR3, 2002
- [5] 好田勲, 拓植覚, 獅々堀正幹, 北研二, Non-negative Matrix Factorization を用いた情報検索モデルの次元圧縮および検索質問拡張, 自然言語処理, Vol.54, No.1, pp.17-22, 2003
- [6] 中川裕志, 森辰則, 湯本紘彰, 出現頻度と連接頻度に基づく専門用語抽出, 自然言語処理, Vol.10, No.1, pp.27-45,2003
- [7] 難波英嗣, 論文間の引用情報を利用した関連用語の自動収集, 言語処理学会 第 11 回年次大会, 2005
- [8] 小作浩美, 内山将夫, 井佐原均, 河野恭之, 木戸出正継, 新聞記事コーパスでの単語出現特徴を利用した観光イベント情報の検索支援, 人工知能学会論文誌, Vol.19, No.4, pp.225-233, 2004
- [9] 桜井裕, 佐藤理史, ワールドワイドウェブを利用した用語説明の自動生成, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.5,pp.1470-1480, 2002
- [10] 佐々木稔, 新納 浩幸, 潜在的な文脈関連度を用いた検索質問拡張, 情報処理学会研究報告, Vol.2002-NL-151, pp.65-72, 2002
- [11] 関隆宏, 安元裕司, 廣川佐千男, 教員データにおける高頻度語, 情報処理学会研究報告, Vol.2005-NL-166, 2005.
- [12] 新里圭司, 鳥澤健太郎, HTML 文書からの単語間の上位下位関係の自動獲得自然言語処理, Vol.12, No.1, pp.125-150, 2005
- [13] 竹内淳平, 辻井潤一, 係り受け関係と言い換え関係を用いた柔軟な日本語検索, 言語処理学会 第 11 回年次大会, 2005
- [14] 和多太樹, 関隆宏, 田中省作, 廣川佐千男, 単語の出現頻度に着目

文書頻度	理学部との比較で得られるキーワード	歯学部との比較で得られるキーワード	両方の比較で共通に得られるキーワード
3	医療 学校 感覚 産業 障害 振興 着手 着目 把握 費 保存 要因	エネルギー 一環 課程 形 原理 込 私 時間 磁気 自由 循環 推定 多様 対応 探 地球 適 応 同時 特定 日 熱 付加 変換 変動 保全 泡 流	アルゴリズム インターネット コンピュー タビジョン ドイツ メディアアート 以降 一般的 音響実験 価値 家 家具 画像処理 絵画 居住 協会 勤 計算機 建築環境 検証 広域 講習 最適 産学連携 視 資源 資料 自 律 授業科目 住宅 初級 初級体験講座 色彩 審議 人工環境 人材 人類 騒音 側面 対策 彫刻 通信 如何 認知 比較研究 別 融合
4		継続 計算 国際 最 修士 全学教育 統計 特 徴 入 年間 比較 分布	アジア コンピュータグラフィックス 学習 感 機器 経済 現代 交流 国 産学 思考 持 続的 室内 社 審査 数学 造形 適用 日本語 幅広 複数 編集 補助
5	携 時代	データ 求 群 研究室 県 次元 条件 振動 人 工 卒業 電子 努 内容	プログラム 快適 外書講読 教育面 九州芸 術工科大学 経験 語 公開講座 向上 工業 考察 講読 高度 事業 実現 所属 情報処理 信号 知覚 知見 伝統 美術 府 部門 目
6	人 福岡	扱 学科 九州 行動 参加 試 手 場 務 要素	メディア 音楽 企画 企業 芸術工学部 持続 数理 創造 聴覚
7		プロジェクト 科目 向 史 市 実施 全学 与	コミュニケーション 映像 近代 景観 作品 市民 実践 書 体験 歴史
8 以上	画像 (9)	室 展開 認識 (8) 具体的 (9) 具体 公開 (10) 基 (12) 空間 計画 (13) 対象 (16) 授 業 (19) 演習 (26)	活用 工学部 (8) コンピュータ 心理 (9) 音響 建築 視覚 都市 (10) 支援 処理 表 現 (13) 音 (14) 芸術 (15) 人間 (17) 文化 (19) デザイン (22)

表 4 他部局と比較したときの芸術工学院の特徴的キーワード

文書頻度	分子との比較で得られるキーワード	酵素との比較で得られるキーワード	両方の比較で共通に得られるキーワード
3	カルシウム 解剖 改造 学校 幹 健元 士 思考 受託 新素材 推定 組織学的 促進 超 痛 転換 独立 内分泌 日常	ガス コア シンボジウム スピン セミ タイプ バランス ヒト ミクロン リスク レーザ 安全 一貫 運営 液晶 炎症 界 各 学位 学際 活発 干渉 簡単 緩和 基礎化学熱力学 希土類 気 規模 共有 局所 近空 群 啓発 計 研 口腔感覚 孔 抗体 高次 散乱 実用化 招待 賞 情報処理 状況 水 水素 選択の 前 全学 共通教育 全学教育 疎水 創造 増殖 速 族 卒業 研究 多重 多数 大型 探 長距離 長年 定 伝統 銅 内外 入門 波 波長 発育 発光 比 微小 微粒子 表面 秒 頻度 不安定 普及 幅 福岡女子大学 物理的 分光法 分類 平衡 別 偏 変形 方向 方程式 誘導体 様式 溶液 粒子 齢	インプラント コミュニケーション ソフトウェア プラキズム メーカー 意識 医学 一定 英語 改革 外科 外傷 外部 感 基盤研究 帰 帰国 客観的 逆 球 協調 強調 九州大学病院 研究中 研修医 現地 限 個人 顧問 口 広域 構想 考案 航空 高速化 高密度 高 齢 国内 査読 最小 参照 史 視 視覚 歯学 歯周組織 歯周病細菌 自身 実践 写真 腫瘍 修士課程 充実 十分 出力 書 奨励 小型 晶 症例 心身 診療 進展 遂 行 数理 全身 創出 像 増 大量 第二 知覚 知的 地方 地理 中国 貯蔵 超伝導 電圧 電極 電磁気 電磁 気学 渡 投資 踏 導出 導体 特許 特質 年次 把握 配 位子 発電 半 反映 板 病原因子 品質 福岡市 保健 保健所 法人 満足 予備 良好 臨床教育 咬合
4	データベース ニューロン 医学部 改善 拡大 確認 官 高温 三次元 社会的 主体 上皮 提示 特殊 二 破骨 細胞 範囲 幅広 補助 防御 養 両面	オルガネラ 扱 以外 違 荷電 格子 癌 器官 基礎的 教室 極 検出 研究分野 骨格 支 視野 式 集合 集団 従 食物 真 身 人材 遷移 段階 秩序 電 破壊 薄膜 付 分光 味覚	アジア センサ 位置 顎顔面形態 観察 企画 基礎実 習 競争 共 金 傾向 携 経営 検査 研究内容 現状 後 期 工学科 国際会議 最大 財 市場 市民 指向 資本 執筆 主催 手術 出版 省 信号 前期 側面 対応 大学 院時代 調査研究 通信 定期 電磁 統合 年代 背景 非常勤講師 筆者 複数 分散 文化 並列 米国 保 民間企業 免疫系 役 要 要求
5	プロテアーゼ 意味 何 協力 呼 産 使用 振興 親和 操作 地球 低下 動 態 能 博士課程 病態 分担 文部省 薬剤 予防	位 学科 観測 教養 光学 子 至 振動 関 数 低 定量 配置 微細 分離 目標 融合 量子 力学	グローバル ドイツ プロジェクト ライター 以降 会議 解 活用 関心 器 機関 機器 健康 現代 工業 作業 市 治療法 自律 手段 受賞 集 心理 診断 人工 素子 増加 捉 体験 知見 提案 電流 電力 都市 動作 独自 比較 病院 編集 方式 泡 本 密度 優良
6	ラット 医療 解決 開始 学習 義歯 吸収 公開 今 細菌 指標 歯周病 場 素材 中枢 当 当研究室 日 発達 部 部分 複合 味	ナノ 一部 求 月 固体 高分子 最適 場合 卒業 適用 転移 熱 不可欠 複雑 予定	センター プログラム 感覚 客観 筋 考察 支援 次元 磁気 将来 長期 伝導 費 非常勤 表現
7	示唆 手 紹介 進行 病原 変換	イオン 形 計算 決定 検索 研究室 原理 行動 錯体 私 時間 自然 条件 度 博士 変異	アプローチ 医師 加工 開催 概念 学内 株 管理 顔 面 基礎研究 強 計画 結 国 産学 誌 自己 実際 処 理 総合 内容 半導体 補綴 有効 予測 流 咀嚼機能
8	骨 試 実施	パターン 以上 移動 課程 概要 学術 拳動 空間 向 上 際 使 実用 出 民間力	ネットワーク プロセス 下 画像 期待 九州 県 原因 高速 作 時代 実証 人 無機 要因 立
9	維持 最新 特徴 能力	エネルギー マウス 核 基本的 近年 研究課題 研究 指導 原子 講演 受 授業 従事 障害 選択 全学	データ 安定 医 加 高度 参加 事業 代表 第 注目 発 表 面 臨床実習
10 以上	実現 (11) 今後 (13)	レベル 員 金属 研究所 広 特定 入 与 例 (10) デ バイス 果 機 結晶 込 多様 展開 特別 方法 (11) 異 科目 装置 知 長 導入 (12) 演習 結果 調 (13) 運 動 我 九州大学 国際 室 従来 推進 電子 物理 変化 (14) 確立 含 産業 状態 他 必要 連携 (15) 一般 各 種 効果 年度 発展 (16) 課題 合 取 対象 (17) 影響 形態 工学 社会活動 大学 電気 日本 (18) モデル 基本 現象 大 中心 調査 目的 問題 (19) 委員 間 高 (20) 歯 組 分野 利用 (21) 学会 及 口腔 通 役割 (22) 材料 進 (23) 主 上 評価 (24) 関係 (25) 応 用 (26) システム 会 技術 新 (27) 等 特 (28) 指導 組織 (29) 者 (30) 年 (31) 科学 (33) 法 (35) 基礎 (38) 現在 (39) 中 (41) 担当 (44)	患者 計測 講座 歯学部 症 福岡 (10) 企業 人間 (11) 経済 効率 講師 咀嚼 (12) 地域 (13) 研修 (14) 顎 (16) 臨床 (21) 歯科 (23)

表 5 分子、酵素と比較したときの機能に関連するキーワード