

クラシック音楽の内容記述に特化した検索手法

栗林 拓[†] 浅野 泰仁^{††} 吉川 正俊^{††}

[†] 京都大学工学部情報学科 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町

^{††} 京都大学大学院情報学研究科 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町

E-mail: [†]kuribayashi@db.soc.i.kyoto-u.ac.jp, ^{††}{asano,yoshikawa}@i.kyoto-u.ac.jp

あらまし クラシック音楽を鑑賞する際には、その曲の音楽的な内容や構造に関する記述を読むことで曲に対する理解を深めることができる。本研究では、楽曲名による検索で得られる結果ページの傾向を利用し、専門用語の出現密度や、L-LDA(Labeled LDA)の手法による指標を用いて、楽曲名をクエリとしたウェブ検索の結果ページを評価し、ユーザが求める記述をより効率的に見つける手法を提案する。評価実験として、実際にクラシック音楽の曲名をクエリとしたウェブ検索を行い、上記の指標による結果の再ランキングを行うことで、有益な記述が効率的に得られることを検証した。

キーワード 情報検索, クラシック音楽, LDA, Labeled LDA

1. はじめに

クラシック音楽を鑑賞する際には、その曲の内容に関する解説を読むことで、曲に関する理解を深め、より楽しむことができる。音楽の専門家やクラシック音楽に関する詳細な知識を持たない者であれば尚更である。これは、ポップス音楽など、他のジャンルに比べ、クラシック音楽に顕著な特徴であるといえる。なぜなら、クラシック音楽は、他のジャンルの音楽に比べ、理論に基づいた形式が確立され、様々な予備知識を持つことで楽曲の特徴をつかむことが容易になるものであり、また、楽曲の規模も他ジャンルよりも比較的大きいものが多いため、専門的な知識を持たない者が自力で理解を得ることが困難だからである。

曲の内容に関する解説とは、楽曲の内容、構造に関する客観的な記述、また、楽器名などを用いて、曲の具体的な部分を言葉で説明する記述のことである。そういった記述を得ることで、例えば楽曲を鑑賞する際に、現在聴いている楽曲の部分が、楽曲の理論的な構造のどの部分に相当し、どういった意味を持つのか、などといった、予備知識なしに自力では理解することが困難なことを理解する手助けになる。

楽曲に関する知識を得るためには、例えば Wikipedia^(注1) のような百科事典の図 1 のようなページや、その他のウェブサイトを検索し、記述を探す、という方法が考えられる。

図 1 の、ベートーヴェンの交響曲第 9 番のページ^(注2) では、例えば、Form(形式) というセクションの中の First movement(第 1 楽章) というサブセクションに、“The opening theme, played pianissimo over string tremolos, so much resembles the sound of an orchestra tuning, many commentators have suggested that was Beethoven’s inspiration.” という記述がある。これは、曲の具体的な部分 (the opening theme) に関し、どのような楽器が (string)、どのようなことをしているか (pianissimo, tremolos) といったことを解説する記述である。このような記述による曲全体の解説を

Form



This section **does not cite any references or sources**. Unsourced material may be challenged and

The symphony is in four movements, marked as follows:

1. Allegro ma non troppo, un poco **maestoso**
2. Scherzo: Molto **vivace** – Presto
3. Adagio molto e **cantabile** – Andante moderato – Tempo primo – Andante mod
4. **Recitative**: (Presto – Allegro ma non troppo – Vivace – Adagio cantabile – All. marcata – Allegro assai vivace: *Froh, wie seine Sonnen* – Andante maestoso: *energico, sempre ben marcato: (Freude, schöner Götterfunken – Seid umsch Maestoso, Molto Prestissimo: Seid umschlungen, Millionen!*

Beethoven changes the usual pattern of **Classical** symphonies in placing the **scherzo** before scherzi).^[citation needed] This was the first time that he did this in a symphony. "Archduke" piano trio Op. 97, the "Hammerklavier" piano sonata Op. 106). Haydn, too in E-flat major.

First movement

Allegro ma non troppo, un poco **maestoso**. Duration approx. 15 mins.

The first movement is in **sonata form**, and the mood is often stormy. The opening the tremolos, so much resembles the sound of an orchestra tuning, many commentators inspiration. But from within that musical limbo emerges a theme of power and clarity. Later, at the outset of the **recapitulation** section, it returns *fortissimo* in D major, rath introduction also employs the use of the mediant to tonic relationship which further d The coda employs the **chromatic fourth** interval.

図 1 十分な記述のある Wikipedia ページの例 (Beethoven, Symphony No.9)

読むことは、楽曲の理解に有用である。

しかし、Wikipedia は、ユーザが自由に編集して記述するという形のために、曲によっては、非常に詳細で役立つ情報があったり、逆に、図 2^(注3) のようなページのように内容に関する記述が殆どなかったり、場合によっては曲目のページ自体がなかったりする。Wikipedia 以外のページでは、図 3^(注4) のように、Wikipedia の記述では得られない新たな情報が得られることも多い。しかし、一般のウェブ検索では、単に曲名で検索しても、良い結果が簡単に、効率的に得られることは少ない。また、楽曲の内容の解説は、執筆者によっては、違う観点から書かれることで、違った

(注1) : <http://ja.wikipedia.org/wiki/>

(注2) : [http://en.wikipedia.org/wiki/Symphony_No._9_\(Beethoven\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Symphony_No._9_(Beethoven))

(注3) : http://en.wikipedia.org/wiki/Coriolan_Overture

(注4) : <http://asiyclassical.wordpress.com/2011/11/23/19-suppe-light-cavalry-overture/>

Coriolan Overture

From Wikipedia, the free encyclopedia

The *Coriolan Overture* (German: *Ouverture Coriolan*, Op. 62) is a compos ancient Roman leader Gaius Marcius Coriolanus, not, as is sometimes cl The structure and themes of the overture follow the play very generally. The Rome), while the more tender E-flat major theme represents the pleadings led an army of his former enemies to Rome's gates, he kills himself. (In St private concert of the home of Prince Franz Joseph von Lobkowitz. The Sy

Contents [hide]

- 1 Recordings
- 2 References
- 3 Notes
- 4 External links

図2 十分な記述のない Wikipedia ページの例 (Beethoven, Coriolan Overture)

TIME	SCRIPT	ANALYSIS
0:04	The good guys, with their heads held up high and sunlight shining above them, do their best to protect their citizens. They conclude with their "team good guys" pose.	Trumpets playing rhythmically in arpeggios. It's a very "military" reference.
0:24	But somewhere in the distance, bad guys are lurking, waiting to cause trouble.	Similar, but the differences – much more muted french horns, quieter, more "obscure" than the brightness and brassy-ness of the trumpets. And of course, they're playing in minor tonality.
0:47	Being a good guy is hard work.	Woodwinds alternating with full orchestra, which eventually takes over. Development and buildup back to...
1:14	The good guys again.	Trumpets playing the "military" motif again, this time with support from trombones.

図3 Wikipedia にはないような有益な記述の例 (Suppe, Light Cavalry Overture)

役立つ記述が見つかることもあるが、優れた記述を複数得るのは、手動では手間が掛かる。

クラシック音楽に関する書籍では、『新西洋音楽史』(音楽之友社)[1]や『標準音楽辞典』(音楽之友社)[2]といったものが権威とされている。しかし、前者は音楽史、例えば音楽の分野や作曲家にフォーカスしており、曲に関する記述は見られず、後者は楽曲の解説は、「ベートーヴェンの管弦楽曲。op.62。1807年作。1802年に上演されたコリンの戯曲《コリオラン》から暗示を得て作曲。コリンに献呈。」といった程度の、一般の事典の記述の域を出ない。

曲に関する記述を集めた書籍には、例えば『名曲事典』(音楽之友社)[3]のようなものがある。この書籍は、約240人の作曲家の約2000曲に関し、時に譜例などを用い、内容、構造を詳細に記述している。しかし、例えばこういった書籍であっても、図3の

ように、実際の曲の再生時間との対応を示すものや、その他、百科事典の形式では見られない情報を探すのは難しい。また、『名曲事典』はオーケストラ曲のみを対象としており、例えばピアノ独奏曲は含まれない、などの問題点もある。

音楽に関する検索技術としては、クエリをキーワードに限らない検索は多く実用化されている。例えば、自分の歌声をマイクから入力することで楽曲を検索するシステム^(注5)や、音符を入力することで楽譜を検索するシステム^(注6)は既に実用化されている。

本研究はこれらとは異なり、キーワードをクエリとし、単純なウェブ検索よりも、上記のような曲の内容に関する有益な記述を含むページを効率的に得られる検索システムを目指す。

本研究では、曲名によるウェブ検索結果を再ランキングする手法を以下の4つ提案する。専門用語の出現密度を利用した手法(TTFR)、LDA(Latent Dirichlet Allocation)を利用した手法(LR)、クラシック音楽に関するウェブページの分類を使ったL-LDA(Labled LDA)を用いた手法(LLRC)、Wikipediaを追加訓練データとして利用したL-LDAを用いた手法(LLRCW)である。1つ目では、求めたい有益な記述は、より多くの専門用語を用いているという仮説のもと、より高い密度で専門用語を用いているページに高いスコアを付けた。LDAを及びL-LDAを用いた手法では、求めたい有益な記述は、どのページも似た単語を用いているという仮説のもと、LDA及びL-LDAを用いてスコアを付けた。LDAに関しては、Wikipediaのセクションを1文書とし、単語の共起を利用することで有益な記述の傾向を得てスコア付けを行った。L-LDAに関しては、曲名によるウェブ検索結果で得られるページには一定の傾向があると考え、それらのページを手動でクラス分けを行い、その学習結果を利用しスコア付けを行った。提案手法ではこれらのスコアによる検索結果の再ランキングを行った。

楽曲の具体的な部分を詳細に解説する記述は、ポピュラー音楽やその他の分野に関してはあまり見られない、クラシック音楽に特有のものであり、楽曲の鑑賞の際にそれらの記述を読むことにより理解を深めるという要求も、この分野に特有のものである。また、クラシック音楽の曲名によるウェブ検索結果は、CDに関するページ、楽譜に関するページ、解説を行うページ、など、分かりやすく分類が可能であり、かつそれぞれの記述に一定の特徴があると考えられる。本研究は、それらの点に着目し、クラシック音楽に特化した検索手法を提案する。

提案手法により、従来の検索手法では、曲に関する専門的な情報を具体的に知らなければ、効率的に得ることが困難であった、有益な記述を含むページを、効率的かつ容易に得ることができるようになった。

本論文の構成は以下の通りである。第2章では関連研究を紹介する。第3章では、専門用語の出現密度に基づくスコア付けに関して、第4章ではLDA及びL-LDAに基づくスコア付けに関して説明する。第5章では、提案手法の評価実験について記述する。最後に第6章で、本論文のまとめ及び今後の課題に関して述

(注5) : <http://www.midomi.com/index.php>

(注6) : <http://imslp.org/wiki/>

べる。

2. 関連研究

キーワードを用いた検索補助や検索結果の絞込みに関する研究は、多くなされている。

Knees ら [4] は, "rock with great riffs" や "relaxing music" のように, 曲の内容や印象を自然言語で記述したものをクエリとし, 合致する曲目を提示するシステムを研究している。

大坪 [5] の研究では, 再生中の音楽のメタ情報 (アーティスト名, アルバム名, 楽曲名) から, CD ジャケットの画像や楽曲のレコメンドの提示を行うシステムが考案されている。

堀ら [6] は, 一般的なキーワード検索を, Wikipedia から関連単語を抽出することによりクエリ拡張を行い, 検索結果を改善する研究を行っている。

中谷ら [7] は, Web ページの検索結果を, 文書の読みやすさと専門用語の出現密度の低さに基づき評価し, 一般的なユーザに理解しやすいページを発見する手法を考案している。本研究では, これとは逆に, 専門用語が多く使われているページ程良い記述を含むという仮説を立てた。

本研究が目指す成果の形態としては, 過去に Fineman [8] が実現した DW3 Classical Music Resources が挙げられる。これは, 大学の音楽専攻の学生のために, クラシック音楽に関する様々な知識を, リンク集の形式で結集したものである。人手で精査された情報のリンク集は, ウェブ検索では簡単に得られない情報を容易に得られるようにするためのものであったが, 2007 年にこのプロジェクトは終了している。

本研究では, このプロジェクトの成果のようなものを, 内容を楽曲の内容記述に絞った形で, 人手に頼らないキーワード検索として実現することを目指す。

本研究による, 有益な内容記述を得るシステムの更なる応用としては, 例えば以下のようなものが考えられる。音楽自体を解析し構造を分析する研究としては, 例えば, ベース音高などの情報から和音を推定する須見ら [9] の研究のようなものが盛んに行われている。また, 前澤ら [10] は, 実際の演奏に関する, テンポなどの情報と曲の解釈を結びつける研究を行っている。こういった技術を利用し, 曲の構造, 進行を分析し, 本研究で得られるような内容記述から, 曲の具体的な部分を示すものを抽出して実際に音楽と結びつけて提示するシステムなどが考えられる。

3. 専門用語の出現密度を利用した内容記述の検索手法 (TTFR)

楽曲の内容に関する有益な記述とは, 曲の具体的な部分を解説している文である。そのため, 音楽に関する専門用語をより多く用いている記述の方が, より有益な記述であると考えられる。

そこで, ページに含まれる単語の総数と, その中での音楽に関する専門用語の総数をカウントし, その割合をスコアとし, 評価する。

まず, 利用する専門用語のリストとして, 英語版 Wikipedia

の "Glossary of musical terminology"^(注7) 及び "List of musical instruments"^(注8) のページに載っている用語を使った。ただ, このリストは, 音楽に関連する文脈の中では専門的な意味を持つが, 音楽に関係のない一般的な文脈の中でも頻繁に使われる単語も多く含まれる。そういった単語は, 専門用語の出現密度を求める上ではノイズとなる可能性が高いので除外したい。そのため, それらの用語の中から, Wikipedia の Overtures (序曲) カテゴリに含まれるページに, 一般のページより高い確率で含まれる用語のみを抽出した。そのために, カルバック・ライブラー情報量 (KLD) を計算した。

KLD は次のように計算される。

$P(t)$: ランダムに選ばれた Wikipedia 記事が用語 t を含む確率。

$P(\neg t)$: ランダムに選ばれた Wikipedia 記事が用語 t を含まない確率。

$P(t|D_q)$: 記事集合 D_q (ここでは Overtures カテゴリ) からランダムに選ばれた Wikipedia 記事が用語 t を含む確率。

$P(\neg t|D_q)$: 記事集合 D_q (ここでは Overtures カテゴリ) からランダムに選ばれた Wikipedia 記事が用語 t を含まない確率。

これらに対し,

$$KLD(t; D_q) = P(t) \log \frac{P(t)}{P(t|D_q)} + P(\neg t) \log \frac{P(\neg t)}{P(\neg t|D_q)} \quad (1)$$

として KLD を計算した。

閾値 $\theta_{KLD} = 0.01$ に対し, $KLD(t; D_q) \geq \theta_{KLD}$ となる用語 t を Overtures カテゴリに関係する専門用語とした。

ページ p の専門用語の出現密度の評価式を次のように計算した。

$$C(p) = 1 - \exp\left\{-\frac{n_t(p)}{\log |p|}\right\} \quad (2)$$

ここで, $n_t(p)$ とは, ページ p に含まれる専門用語の種類数, $|p|$ とはページ p の文書長である。

4. LDA 及び L-LDA を利用した内容記述の検索手法

4.1 概要

LDA (Latent Dirichlet Allocation) [12] は, 教師なしのトピックモデルであり, L-LDA (Labeled LDA) [11] は, それを教師あり学習とし, 一つ一つのトピックを人手で意味づけし解釈できるようにした手法である。実装は, Stanford Topic Modeling Toolbox^(注9) を利用した。

LDA 及び L-LDA を用いた動機としては, 有益な記述は似たような単語を用いているという仮説に基づいている。文書集合を入力として与えることで, 文書中のそれぞれの単語を生成する潜在的なトピックを推定する LDA を利用することで, 例えば, 楽曲の内容記述を表すトピックの分布の値が高い文書は, 楽曲の内容記述を表している, と考えることができる。

(注7) : http://en.wikipedia.org/wiki/Glossary_of_musical_terminology

(注8) : http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_musical_instruments

(注9) : <http://nlp.stanford.edu/software/tmt/tmt-0.3/>

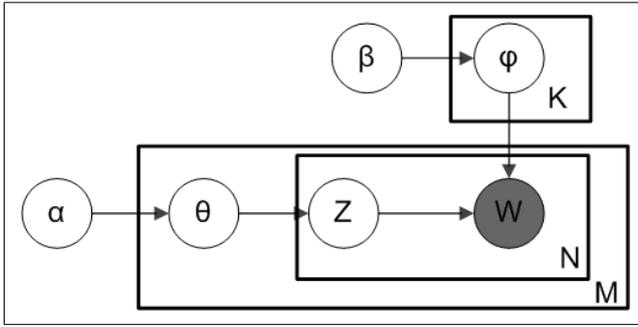


図4 LDA のモデル図

4.2 LDA のモデル

LDA は、1 つの文書は潜在的な複数のトピックを表し、文書中の単語はそのトピックにより生成されると考えるモデルである。概念図は図4である。

ここで、 w は単語、 z はトピック、 M は文書の数、 N は1文書中の単語数、 K はトピック数、 θ は文書に対しどのトピックが生じやすいかを表す多項分布、 α はそのディリクレ分布のハイパーパラメータ、 ϕ はトピックに対しどの単語が生じやすいかを表す多項分布、 β はそのディリクレ分布のハイパーパラメータを表す。

即ち、 K 、 α 、 β は事前に与える必要がある。

LDA では、Collapsed Gibbs Sampling [13] などを用いた方法で、文書が与えられると、それを生成する潜在的なトピックを求めることができる。その学習結果を用いて、新たな文書集合に対し、それぞれの文書に対するトピックの確率分布を導き出せる。

4.3 LDA のハイパーパラメータ

LDA のハイパーパラメータ α 、 β は、本来 θ 、 ϕ に対応する次元を持つベクトルであるが、Blei ら [12] はすべての成分が同じ大きさであるという制約を設けて扱っている。Wallach ら [14] の議論によると、 α に関してはそれぞれの成分の大きさが異なる非対称的 (Asymmetric) なハイパーパラメータを用いることで、LDA の性能を向上させられることがあることを示している。

しかし、今回の提案手法 (LDA) の実験では、簡単のために、 α 及び β に関して、すべての成分が等しい対称的 (Symmetric) なハイパーパラメータとした。そして、Griffiths らの先行研究 [13] [15] では $\alpha = 50/K$ 、 $\beta = 0.1$ 、もしくは $\beta = 0.01$ が良い性能を示すとされているが、今回は $\alpha = 50/K$ 、 $\beta = 0.1$ として、性能の評価を行った。

4.4 LDA を利用した内容記述の検索手法 (LR)

今回の実験では、LDA 及び L-LDA を用いて3つの異なる評価を行った。

LDA の訓練データとして、Wikipedia 英語版の、交響曲のページ計309のテキストを、ひとつひとつのセクションを1文書として分けた計1374文書を利用した。

Wikipedia の楽曲のページは、基本的に、曲の基本情報、背景、構造など、意味的なまとまりをよく表したセクション分けになっており、1セクションを1文書とし LDA を用いて単語の共起を見ることで、曲の内容、構造を解説する記述を得たいという目的に合致する学習ができると考えられる。

LDA の訓練の際には、トピック数は、4.3 節に後述する L-LDA と合わせた 8、及び、その前後で変動させた。これは、クラシック音楽の曲名によりウェブ検索を行った際、検索結果に現れるページが、概ね 8 つの異なる種類の記述に分類できると考えるからである。8 つの異なる種類の記述は、L-LDA のラベルの説明で詳述する。

LDA で抽出されたトピックの中に、明らかに曲の構造解説に該当するトピックがあったので、判定の際に、そのトピックの分布の値をスコアとし評価を行った。

曲の内容記述を表すトピックには以下のような単語が含まれていた: 曲の構造そのものに関連する単語 (sonata, form, section, movements), 曲の構造的な部分を表す単語 (scherzo, finale), 楽器に関連する単語 (strings), その他音楽的な意味を持ち曲の内容記述に使われるような単語 (minor, third, allegro, melody).

4.5 L-LDA を利用した内容記述の検索手法

実際に判定したいページは Wikipedia に限らない一般のウェブページであるが、先述の、Wikipedia を学習に用いた LDA だけでは、Wikipedia の記述に基づいた学習しかできないため、Wikipedia とは異なる形の記述などが多くある一般のウェブページの分類に対応できない可能性が考えられた。しかし、一般のウェブ検索結果に現れるページは、ある程度のテンプレートに基づいている Wikipedia のセクションと比べると、記述内容は人手で実際に読んでみないと判断することは難しい。そこで、教師あり学習である L-LDA を用いることで、LDA で用いた Wikipedia に限らず、一般のウェブ検索結果にページでも同じような内容を表している文書毎に単語の共起をよく判定できると考えた。

4.5.1 クラシック音楽に関するウェブページの分類の提案

L-LDA を利用するためには、手動でつけるラベルを決める必要がある。ラベルの種類を決定するために、クラシック曲の曲名による検索結果を 1540 ページ調べ、それらが概ね 8 種類に分類でき、今回の研究の目的に合致することが分かった。それらは、以下の 8 つである。

structure 楽曲の内容、構造に関する客観的な記述。楽器名などを用いて、曲の具体的な部分を言葉で説明する記述。例: "There follows a theme of marching of armies carried out by the horns."

background 作曲の背景に関する記述を含むページ。例えば、作曲者自身に関する記述、作曲前後の作曲者の具体的な活動、作曲に繋がった動機やきっかけなど。例: "The overture is one of three early works by Lilburn which center on the theme of national identity; the other two are 1944's Landfall in Unknown Seas for narrator and orchestra and the tone poem A Song of Islands of 1946."

commentary 楽曲やその演奏に関する、記述者自身の感想やコメント、評価等。例: "At this point there are so many Brahms recordings that no single one is going to satisfy all of our needs but this recording is competitive with the best in artistic and sonic aspects."

score 楽曲の楽譜の販売、ダウンロードページを表すラベル。例としては、IMSLP や、一般的なオンライン楽譜販売サイト。

cdmp3 楽曲の CD や mp3 の販売。ダウンロードページ、また、トラック名のみ記述、動画のみページ。例としては、Amazon や iTunes の CD ページ。

表 1 1540 ページ中のラベルの数

ラベル	該当ページ数
irrelevant	474
cdmp3	459
background	180
commentary	169
noneng	159
structure	104
score	98
dictionary	90

表 2 ハイパーパラメータの比較

β	再現率	適合率	F 値
0.01	0.4902	0.5598	0.5227
0.05	0.5072	0.5726	0.5380
0.1	0.5072	0.6026	0.5508
0.5	0.4174	0.5990	0.4920

noneng 英語以外のページ。

dictionary 辞書等のエントリのページ。内容の詳しい記述ではなく、単純な説明しかない。

irrelevant 上記のいずれにも当てはまらないページ、例えば、楽曲に無関係なページ、曲には関係しているが文章がないページ、Wikipedia の Disambiguation のページ等。

1540 のページ中、それぞれのラベルに該当するページが何ページあったかを、以下の表 1 に示す。ただし、ラベルはページの内容に応じて重複して付くこともあった。

4.5.2 パラメータ決定のための予備実験

L-LDA に関しても、LDA と同様にハイパーパラメータを決める必要がある。そのための予備実験として、データ集合として、前節でラベル付けを行った 1540 ページを利用した。それを 5 分割し、下記のハイパーパラメータの条件で交差検定を行い、平均で最も性能の良かったものを L-LDA のパラメータとして採用した。

α は、LDA の項で述べた、先行研究で良いとされている $\alpha = 50/K(K=ラベル数=8)$ を採用した。 β は、先行研究では 0.01, 0.1 などの値が示されているため、今回は 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 の 4 通りで実験を行い、性能を確かめた。

今回の実験では structure ラベルに関する精度を最も重点的に調べたいため、structure ラベルを手動で付けたページのうち、L-LDA が structure ラベルを付けたもの(再現率)、L-LDA が structure ラベルを付けたもののうち、手動で structure ラベルを付けていたもの(適合率)、の 2 つの指標を調べた。そして、比較のため F 値 ($2 * 再現率 * 適合率 / (再現率 + 適合率)$) を利用した。ただし、L-LDA が付けるラベルは、それに対応する分布の値が 0.3 を超えたものとした。

この結果、最も良い F 値を示した $\beta = 0.1$ を、ハイパーパラメータの値として選んだ。

4.5.3 検索結果のみを利用した手法 (LLRC)

この提案手法では、前節の 1540 ページを訓練データとし、テスト対象に対して判定を行う。その結果の、structure ラベルの分

布の値をそれぞれのページのスコアとした。

4.5.4 Wikipedia を追加訓練データとした手法 (LLRCW)

先の L-LDA の手法の訓練データに、LDA の際に用いた Wikipedia の学習データのうち、structure に対応するトピックの分布が 0.3 を超えたセクションに structure ラベルを付け、訓練データに追加し、同様にテスト対象に対しての structure の分布の値をスコアとした。

Wikipedia のセクション計 1374 のうち、該当するものは 190 あったため、L-LDA(検索結果のみ)の訓練データの 1540 文書に加え、計 1730 文書の訓練データとなった。

5. 評価実験

5.1 概要

評価実験として、まず、対象とした 10 の曲に対し、Google 検索上位 50 ページを集めた。ただし、検索結果に現れる YouTube のページは、LDA の実験の際に不具合を起こすこと、目的とする記述が得られることを期待できないことから、予め除外した。

それらのページに対し、有益な内容の記述が含まれる度合いに基づいて、0 から 3 の 4 段階の点数を付けた。点数の概ねの基準は以下の通りである。

3 点 曲全体に渡り、曲中の具体的な部分を、複数もしくは十分に長い 1 つの段落を使い、詳細に記述している。また、譜例などの図表を使い、解説している。記述を読むことで、曲全体に関して、体系的な理解を得ることができ、曲と記述の対応関係もある程度把握することができる。

2 点 曲全体の具体的な内容を、概ね 1 段落程度を用いて記述している。記述を読むことで、全体的な流れは把握することができるが、曲と記述の対応関係を完全に理解することは難しい。

1 点 曲の中の具体的な部分について、1 文以上を使って記述している。曲の情報を説明する段落の一部分を使って、曲の具体的な部分に触れている程度なので、全体を把握したり、具体的な対応関係を理解することは難しい。

0 点 曲中の具体的な部分について触れていない。

そして、50 のページを、3 章及び 4 章で提案した TTFR, LR, LLRC, LLRCW, そして TTFR と LR の和, TTFR と LLRC の和, TTF と LLRCW の和, LR と LLRC の和, LR と LLRCW の和、の 9 種類のスコアに基づいて再ランキングした。そして、それらの nDCG(normalized Discounted Cumulative Gain) を、Google の検索結果のランキングの nDCG と比較することで評価した。

5.2 結果・考察

まず、LDA のトピック数の変動による性能の変化を示した表が、表 3 である。

トピック数を 10 以上にしたとき、楽曲の内容記述に該当するトピックが複数見られたので、それぞれ単独の分布の値を利用した場合(トピック a, トピック b)と、2 つの和を取った場合(a+b)との両方を示した。

この結果、この中ではトピック数 10 として、内容記述にあたるトピックの 2 つ目を選んだものが最も良い性能を示したので、それを採用した。

次に、今回の実験で対象とした 10 曲の検索結果に対し、nDCG

表3 LDA のトピック数による nDCG の変化

曲名	K=4	K=6	K=8	K=10(a)	K=10(b)	K=10(a+b)	K=12(a)	K=12(b)	K=12(a+b)
Also Sprach Zarathustra	0.924	1.000	1.000	0.226	1.000	1.000	1.000	0.907	1.000
Blue Danube	0.690	0.962	0.927	0.218	0.961	0.909	0.903	0.835	0.961
Canon In D	0.351	0.549	0.543	0.297	0.644	0.369	0.625	0.486	0.534
Eine Kleine Nachtmusik	0.538	0.868	0.867	0.332	0.868	0.821	0.660	0.870	0.868
Hungarian Rhapsody No. 2	0.398	0.852	0.800	0.226	0.800	0.742	0.720	0.800	0.852
Pomp And Circumstance March	0.661	0.919	0.925	0.366	0.942	0.675	0.920	0.936	0.921
Rhapsody In Blue	0.565	0.815	1.000	0.223	1.000	0.750	0.351	1.000	0.750
Symphony No. 5 (Beethoven)	0.659	0.957	0.940	0.337	0.932	0.729	0.907	0.925	0.932
Symphony No. 9 (Beethoven)	0.784	0.810	0.810	0.321	0.810	1.000	0.784	0.950	0.810
Toccatina And Fugue In D Minor	0.468	0.893	0.747	0.262	0.982	0.710	0.589	0.923	0.976
平均	0.604	0.862	0.856	0.281	0.894	0.771	0.746	0.863	0.860

表4 各再ランキングの nDCG の比較

曲名	Google	TTFR	LR	LLRC	LLRCW	TTF+ LR	TTF+ LLRC	TTF+ LLRCW	LR+ LLRC	LR+ LLRCW
Also Sprach Zarathustra	0.705	0.866	1.000	0.924	1.000	0.907	0.767	1.000	1.000	1.000
Blue Danube	0.591	0.897	0.961	0.938	0.902	0.960	0.963	0.910	0.923	0.963
Canon In D	0.675	0.496	0.644	0.819	0.820	0.621	0.664	0.725	0.694	0.711
Eine Kleine Nachtmusik	0.608	0.791	0.868	0.824	0.944	0.938	0.888	0.938	0.919	0.927
Hungarian Rhapsody No. 2	0.685	0.702	0.800	0.779	1.000	0.720	0.772	0.742	1.000	1.000
Pomp And Circumstance March	0.620	0.664	0.942	0.667	0.980	0.939	0.930	0.949	0.917	0.980
Rhapsody In Blue	0.628	0.658	1.000	1.000	1.000	0.750	0.815	1.000	1.000	1.000
Symphony No. 5 (Beethoven)	0.748	0.825	0.932	0.911	0.943	0.920	0.951	0.964	0.951	0.961
Symphony No. 9 (Beethoven)	0.670	0.887	0.810	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Toccatina And Fugue In D Minor	0.573	0.759	0.982	0.769	0.978	0.868	0.950	0.979	0.929	0.979
平均	0.650	0.755	0.894	0.863	0.957	0.862	0.870	0.921	0.933	0.952

を計算したのが表4である。評価方法の数字は上の概要のものに対応する。各曲に対し、最も良い値を示したものを太字で表した。最下段に、それぞれの方法の nDCG の平均を示した。

結果として、以下のような傾向が見られた。

専門用語の出現密度を利用した手法では、1曲を除いて nDCG を向上させた。しかし、うまくいかないケースもあった。これは即ち、有益な記述は専門用語を高い割合で含んでいるという仮説が不十分であったと考えられる。その原因としては、そもそも文章自体をあまり含まないページ (CD のトラック情報のページや、通販のページ) なども、専門用語にあたる単語を含んでおり、かつ、それらのページには文章量が少なく、結果として専門用語の出現密度が高くなってしまふということが考えられる。また、逆に、ページの一部に有益な記述を含むページは、それ以外の文章も含んでいることが多く、専門用語の割合が低くなってしまふことが多かった。

一方で、LDA 及び L-LDA を利用したスコアによる再ランキングは、殆どすべての場合において nDCG を改善することに成功した。Wikipedia のセクションを訓練データに追加した L-LDA を利用した方法 (LLRCW) が、最も良い性能を示す結果となった。有益な記述は、曲に依らず似通った単語を使っているという仮説が正しかったと考えられる。

問題点としては、曲によっては、曲名による Google 検索では、上位 50 件中 3 件や 4 件程度しか、有益な記述を含むページを得られないことがある。LDA 及び L-LDA による再ランキ

ングでは、それら有益な記述を含むページを確実に上位に再ランキングし nDCG を改善することに成功しているが、ユーザの要求に十分応えられているとは言い難い。

6. ま と め

本研究では、クラシック音楽の楽曲のウェブ検索において、楽曲の内容に関する有益な記述を効率的に得るための手法を提案した。提案手法では、専門用語の出現密度と、LDA 及び L-LDA によるスコアによって検索結果を再ランキングした。

評価実験として、実際にクラシック音楽の楽曲の曲名による検索結果を再ランキングし、nDCG を比較した。その結果、提案手法により、nDCG を大幅に改善することを示した。

今後の課題としては、専門用語の出現密度を用いた手法を改善するために、それぞれの専門用語が出現する頻度などの指標を導入するなどの手法が考えられる。

また、検索結果の上位の再ランキングだけでは、そもそも含まれる有益な記述の件数が少ないため、検索クエリ自体に工夫をするなどして、検索結果に含まれる有益な記述の件数を増やす方法を考えることなどが挙げられる。

また、得られた有益な記述を含むページの中から、実際にどの部分が有益な記述なのかを判断し抽出、ユーザに提示するシステムなどを検討していきたい。

参 考 文 献

- [1] グラウト/パリスカ (2001) 『新 西洋音楽史』 (音楽之友社)

- [2] 『新訂 標準音楽辞典 第二版』(2008) (音楽之友社)
- [3] 属啓成 (1969) 『名曲事典』 (音楽之友社)
- [4] Peter Knees, Tim Pohle, Markus Schedl, and Gerhard Widmer. “A Music Search Engine Built upon Audio-based and Web-based Similarity Measures” *Proceedings of the 30th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*(SIGIR 2007), pp.447-454, 2007.
- [5] 大坪五郎. **Goromi-Music** 音楽をより楽しむためのインタフェース. WISS, 2007.
- [6] 堀 憲太郎, 大石 哲也, 峯 恒憲, 長谷川 隆三, 藤田 博, 越村 三幸. **Wikipedia** からの拡張クエリ生成による **Web** 検索とその評価. 人工知能学会研究会 SIG-SWO-A803-13, 2009.
- [7] Makoto Nakatani, Adam Jatowt, and Katsumi Tanaka, “Easiest-First Search: Towards Comprehension-based Web Search,” *Proceedings of the 18th ACM Conference on Information and Knowledge Management*(CIKM 2009), pp. 2057-2060, 2009.
- [8] Yale Fineman. “DW3 Classical Music Resources: Managing Mozart on the Web.” *Libraries and the Academy*, Volume 1, Number 4, pp.383-389, 2001.
- [9] Kouhei Sumi, Katsutoshi Itoyama, Kazuyoshi Yoshii, Kazunori Komatani, Tetsuya Ogata, Hiroshi G. Okuno. “Automatic Chord Recognition based on Probabilistic Integration of Chord Transition and Bass Pitch Estimation.” *Proceedings of the 9th International Conference on Music Information Retrieval*(ISMIR 2008), pp. 39-44, 2008.
- [10] Akira Maezawa, Masataka Goto, Hiroshi G. Okuno. “Query-by-Conducting: An interface to retrieve classical-music interpretations by real-time tempo input.” *Proceedings of 11th International Society for Music Information Retrieval Conference*(ISMIR 2010), pp. 477-482, 2010.
- [11] Daniel Ramage, David Hall, Ramesh Nallapati and Christopher D. Manning. “Labeled LDA: A supervised topic model for credit attribution in multi-labeled corpora.” *Proceedings of the 2009 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*(EMNLP 2009), Volume 1, pp. 248-256, 2009.
- [12] David M. Blei, Andrew Y. Ng, Michael I. Jordan. “Latent Dirichlet Allocation.” *The Journal of Machine Learning Research*, Volume 3, pp. 993-1022, 2003.
- [13] Griffiths, T. L. and Steyvers, M. “Finding scientific topics.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 101, No. Suppl. 1, pp. 5228-5235, 2004.
- [14] Hanna M. Wallach, David Mimno, Andrew McCallum. “Rethinking LDA: Why Priors Matter.” *Proceedings of Neural Information Processing Systems Conference*(NIPS), 2009.
- [15] Mark Steyvers and Tom Griffiths. “Probabilistic Topic Models.” *Latent Semantic Analysis: A Road to Meaning*, Landauer, T., McNamara, S.D. and Kintsch, W. (Eds.), Laurence Erlbaum, 2007.