

## 楽曲レコメンドシステム

### A music recommendation system

小田川 智, 児玉 泰輝, 莪山 真一

Satoshi Odagawa, Yasuteru Kodama, Shinichi Gayama

松下 文雄, 鈴木 康悟,

Fumio Matsushita, Yasunori Suzuki

**要 旨** 楽曲録音装置に記録されている大量の楽曲から、楽曲の印象を示す検索語を用いてユーザの好みの曲を再生する楽曲レコメンドシステムを開発した。

音楽的な特徴量を「楽曲特徴量」、検索語を規定する特徴量を「検索特徴量」と定義した。検索語には、運転中に使用されると考えられる「明るい」、「ノリがいい」、「静かな」、「かなしい」、「癒される」を採用し、各検索語に固有の検索特徴量を設定するとともに、楽曲の録音時に楽音信号を分析し、楽曲特徴量を求めた。これらの情報を用いて検索語と音楽の合致度を求め、レコメンドを行った。さらに、本システムにユーザの嗜好を学習する機能を付加することで、ユーザの好みの楽曲をレコメンドする精度の向上を実現した。

また、システムの応用として、外部の状況（時間帯、天気、順調や渋滞などの走行状態）に応じて、その状況に最適な楽曲をレコメンドする機能を開発した。

前者を「フィーリングプレイ」、応用システムを「フィーリングオートモード」として当社のカーナビシステムに搭載し、市場で好評を得ている。

**Summary** We developed a Music Recommendation System which can search and replay a tune suitable for the user's mood while driving from a large number of tunes stored in a music recording device by specifying a search word such as "Bright", "Exciting", "Quiet", "Sad" or "Healing".

We selected the five retrieval words above because we thought that they expressed the impression of music and are suited to a user's feeling while driving.

The replayed tune was searched by calculating the matching level of the tune and retrieval words based on "the level of the retrieval feature" and "the level of the music feature" and the tune was recommended to the user.

"The level of the music feature" was defined as the value which was obtained by analyzing the content of music based on Key, Harmony Variable Level, Beats Per Second, Maximum Beat Level, Maximum Signal Level and Average Signal Level. "The level of the retrieval feature" was defined as the value which was obtained by weighting based on the impression of each of the retrieval words in relation to the image of music.

In addition, the probability of searching tunes the user will like has been improved by studying the user's preferences. Moreover, the system can recommend suitable music corresponding to the current conditions of time, weather and traffic conditions.

**キーワード** : 楽曲推薦, 音楽推薦, 楽曲検索, 音楽検索, 選曲, 感情, 感性, カーナビゲーション, カーオーディオ

#### 1. まえがき

2001年からHDDを利用したカーナビゲーション

システム(以下、カーナビ)が市場に登場し、現在では高級機のカーナビゲーションはHDD搭載タイプが

主流となっている。また、HDD を有効に活用する機能の一つとして、楽曲録音機能を搭載した製品も多い。HDD に膨大な楽曲を保存し、従来にはなかった自由な楽曲の再生を可能とするものである。この機能は、市場で評価され、新たなカー AV システムとして注目されている。

一方で、多くの楽曲の中から所望の楽曲を探し出すことが困難になるという問題が生じており、解決するための技術開発が行われている。例えば、インターネット経由でダウンロードした既成情報（楽曲イメージなど）や固定情報（アーティスト、タイトル、ジャンルなど）を利用して楽曲を検索するものや、あらかじめ規定した楽曲の印象表現を用いて楽曲を検索するものがある。しかし、全ての楽曲の情報をデータベース化することは困難であり、個々のユーザの嗜好に適用したレコメンドを行うことは難しい。また、自動車におけるインターネット接続は、通信の安定性、通信料金の面から普及しているとは言いがたく、カーナビにおいては課題が多い。

そこで我々は、ユーザの嗜好を学習する機能をもつ楽曲レコメンドシステムを開発した。このシステムは、これまでのカーナビをより快適に、使いやすくするものとして期待されている。

本システムは、CD から自動的に音楽的な特徴量を

抽出するため、ネットワークなどから楽曲に関する情報を取得する必要はない。また、楽曲の印象を示す検索語（明るい、ノリがいい、静かな、かなしい、癒される）を選択するだけで、楽曲録音装置内の多くの楽曲から、イメージにあった楽曲を再生する。さらに、ユーザの嗜好を学習し、各個人の好みを音楽のレコメンドに反映することができる。

また、このシステムの応用として、時間帯、天気、走行状況などに応じて自動的にユーザが予め設定した検索語が選択されることにより、その状況に最適な楽曲をレコメンドする機能を実現した。

このシステムは、2004 年以降、当社から発売されたカーナビシステムの一部に搭載されている。

本稿では、システムの概要、および、その応用機能について報告する。

## 2. 検索語によるレコメンド方法

CD から自動的に抽出される音楽的な特徴量を楽曲特徴量、検索語を規定する特徴量を検索特徴量と定義する。本システムは、これらの情報を用いて検索語と音楽の合致度を算出し、この結果に基づいてレコメンドを行う。図 1 に本レコメンドシステムのブロック図を示す。

### 2.1 楽曲特徴量の算出

本システムは、楽曲を録音する際、楽音信号を分

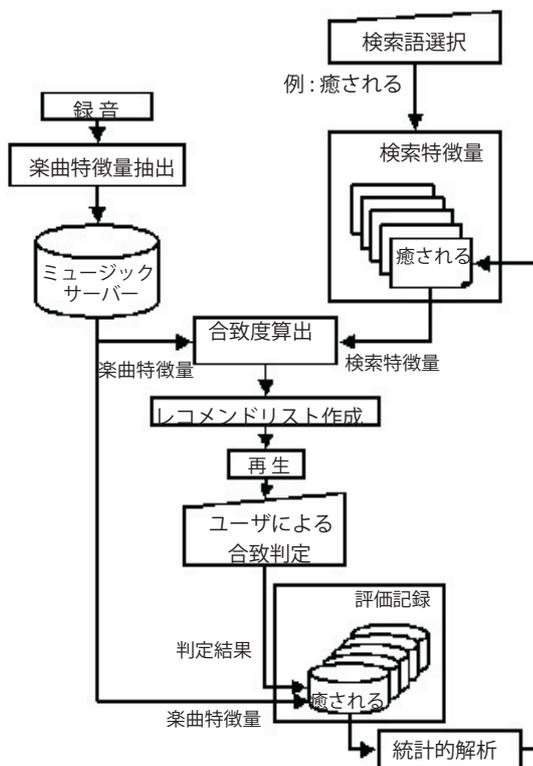


図 1 楽曲レコメンドシステム

析することにより楽曲特徴量を求める。

具体的には、楽曲の調性、和音出現頻度の分散 (HVL)、一分あたりのリズム量 (BPM)、最大ビートレベル (MBL)、最大信号レベル (MSL)、および平均信号レベル (ASL) の6つの数値である<sup>(1),(2),(3)</sup>。

## 2.2 検索特徴量の算出

検索語は音楽を表現する言葉で、車を運転中に利用すると考えられる語(「明るい」「ノリがいい」「静かな」「かなしい」「癒される」)を採用した<sup>(2)</sup>。これらの検索語と音楽のイメージを関連付けるために、検索語に付随する検索特徴量を算出する必要がある。これは、検索語に合致すると判断された曲の楽曲特徴量の記録 (FIT 記録) と、非合致すると判断された曲の楽曲特徴量の記録 (UNFIT 記録) から求められる平均、分散 (FIT 平均, FIT 分散, UNFIT 平均) である。FIT, UNFIT 記録には、あらかじめ初期値が与えられているが、2章に述べる学習処理によって適切に更新される。

## 2.3 合致度算出

これらの楽曲特徴量と検索特徴量を利用して楽曲と検索語の合致度を算出し、レコメンドする楽曲を決定する<sup>(2),(3)</sup>。

選択された検索語に合った曲をレコメンドするために、ここでは非合致度を算出し、この値が小さい曲を相対的に合致度の高い曲であるとしてレコメンドを行う。楽曲特徴量ごとの非合致度を特徴量非合致度 (Score[i], ScoreKey) とし、2.3.1 と 2.3.2 に示す方法で算出する。そして、すべての特徴量非合致度の合計を検索語とその曲の非合致度とする。

### 2.3.1 調性以外の特徴量非合致度算出方法

調性以外の楽曲特徴量の数を N とし、対象とする曲の楽曲特徴量を Features[i], 検索語に対する FIT 平均, UNFIT 平均をそれぞれ FitAvr[i], UnAvr[i] とし、それぞれの距離 FitDis[i], UnDis[i] を求める。

$$FitDis[i] = |FitAvr[i], Features[i]| \dots (1)$$

$$UnDis[i] = |UnAvr[i] - Features[i]| \dots (2)$$

where  $i = 0, \dots, N-1$

N: Dimension of Features

次に  $FitDis[i] > UnDis[i]$  の場合、 $FitDis[i]$  を  $FitDis' [i]$  に補正する。

$$FitDis' [i] = FitDis[i] + penalty \dots (3)$$

$FitDis[i]$  が  $UnDis[i]$  以下であれば補正は行わない。

$$FitDis' [i] = FitDis[i] \dots (4)$$

$FitDis' [i]$  と FIT 分散  $FitVar[i]$  から特徴量非合致度  $Score[i]$  を算出する。

$$Score[i] = FitDis' [i] / FitVar[i] \dots (5)$$

### 2.3.2 調性の特徴量非合致度算出方法

調性とは、音楽のもつキー(ハ長調, イ短調)であり、0 から 23 の値をとる。

調性に対する FIT, UNFIT 平均の差を KeyAvrGap[j] とすると、特徴量非合致度 ScoreKey は調性以外の特徴量非合致度とのバランスを取るための定数 K を乗じたものとする。

$$ScoreKey = K * KeyAvrGap[j] \dots (5)$$

Where  $j = 0, \dots, 23$

## 3. 学習方法

ユーザはレコメンドされた曲を鑑賞し、その曲が選択した検索語に合っているか判断する。システムはこの判断により FIT 記録または UNFIT 記録に楽曲特徴量を登録し、統計的解析により検索特徴量を更新する。この値は学習が適切に行われると、ある目標値に収束する<sup>(2)</sup>。

## 4. レコメンド結果

学習を繰り返すことにより、被験者の感覚に合った曲がレコメンドされていくことを確認する。

まず、249 曲の邦楽ポップス曲の楽曲特徴量を算出する。次に、楽曲のレコメンドシステムによりレコメンドされた曲リストのうち 10 曲を被験者の感覚で評価し、システムに学習させた。このレコメンド、学習のセットを検索語ごとに 30 回行い、レコメンドされたリストの上位曲に被験者の感覚に合った曲が含まれている割合が変化する様子を図 2 に示した。

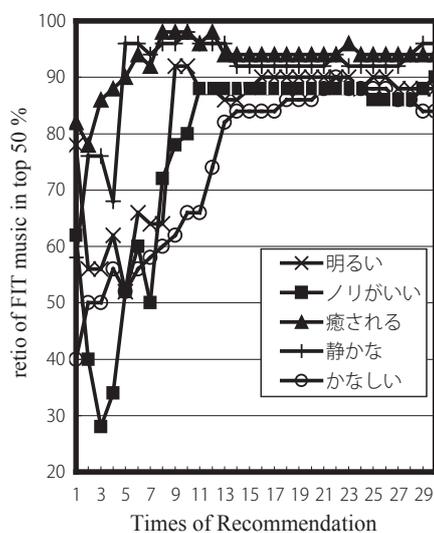


図 2 学習によるレコメンド品質の向上

任意の曲をユーザの判断で学習することにより、検索特徴量が正しく設定され、ユーザの感性に合った楽曲がレコメンドされることを確認できた。

## 5. 応用機能

上記システムによりユーザの感性にあった曲のレコメンドが可能になった。このことを利用して、さらに外部の状況（時間帯、天気、順調や渋滞などの走行状態）に応じて、検索語を自動的に切り替えることにより、その状況に応じた楽曲をレコメンドする機能を開発した。この機能により、ユーザは外部の状況に合った雰囲気の楽曲を楽しむことが可能となる。

以下、この機能について述べる。

### 5.1 機能概要

図3に、この機能を実現するブロック図を示す。

まず、システムに外部の状況が入力されると、「外部環境→検索語変換テーブル」が参照され、外部の状況が検索語に変換される。この検索語が本稿の前半で述べた検索語から楽曲をレコメンドする機能部分に入力されることによって、外部の状況に応じた楽曲の再生が可能になる。

外部の状況は、時間帯、天気、走行状態の3種類がある。時間帯は、時刻により早朝/朝/昼/夜/深夜に分けられ、天気は、晴れ/曇り/雨/雪、走行状態は、高速道路の順調走行/一般道路の順調走行/渋滞に分けられる。

上で示した「外部環境→検索語変換テーブル」はユーザにより変更が可能で、ユーザが外部状況を自身の好みの検索語に設定することが可能となる。表1に「外部状況→検索語変換テーブル」の例を示す。

### 5.2 外部状況の取得方法

この応用機能はカーナビに実装したため、外部状況はカーナビ機能から取得できる。

表1 外部状況→検索語変換

外部状況	検索語初期値
高速道路順調走行	ノリがいい
一般道路順調走行	明るい
渋滞	癒される
晴れ	ノリがいい
曇り	明るい
雨	静かな
雪	かなしい
早朝	癒される
朝	明るい
昼	ノリがいい
夜	静かな
深夜	かなしい

まず、時間帯については、GPS受信機から得られる正確な時刻と日付情報、また緯度経度の自車位置情報から日出/日没時刻を算出し、それらを利用して時間帯を得る。

次に、天気については、カーナビの通信機能を利用してエリア毎の天気予報を取得できるため、自車位置の天気情報を得ることができる。

走行状態については、カーナビが車両から取得している速度情報と、走行している道路種別情報を利用して、車両が順調に走行しているか、あるいは渋滞の中を走行しているかを判断する。

### 5.3 楽曲の再生方法

時間帯、天気、走行状態の外部状況は、例えば、「朝、かつ晴れ、かつ渋滞中」のように同時に起きているため、対応する検索語が複数あることになる。

また、順調に走行していたが渋滞に入ってしまったなどの外部状況変化に対してレコメンド楽曲を素早く変化させてユーザの気分を追従していくことも必要である。

これらの課題を解決するために、外部状況に優先

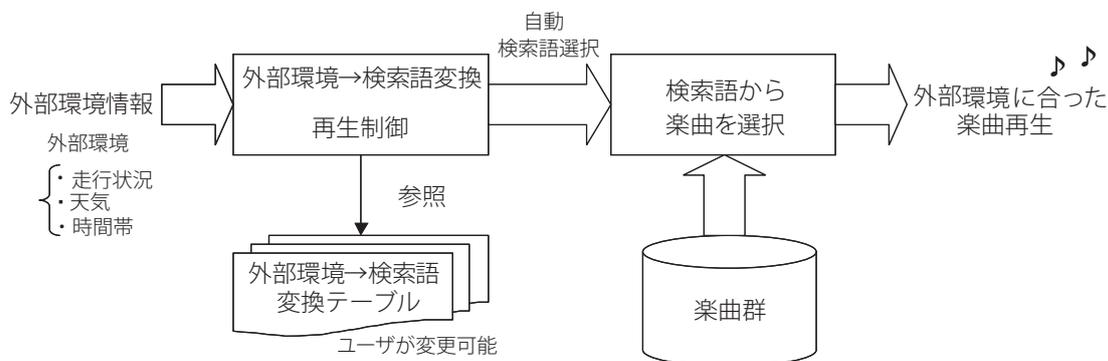


図3 応用システムのブロック



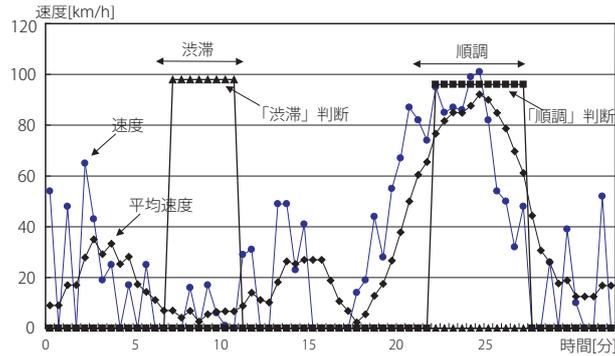


図5 車両速度と走行状態判断

過去  $n$  回の平均速度  $< v_8$  (km/h)  
 (但し、 $v_1 < v_2$ ,  $v_3 < v_4$ ,  $v_5 > v_6$ ,  $v_7 >$   
 $v_8$  である)

これらの条件により、一般道路から高速道路に乗った場合、その反対の場合などの条件においても正しい判断が可能となった。また、高速道路のサービスエリアや一般道路脇の店舗駐車場にエンジンをかけたまま停止しても、道路上での渋滞と誤判断するようなことはない。また、平均的には一定以上の速度が出ている断続渋滞も渋滞と判断することが可能である。

$n$ ,  $m$  と  $v_1 \sim v_8$  の値については、実走実験を行い、走行状態判断に適切な値を設定した。

図5に、実際の走行状態と判断した走行状態の時間変化を示す。ドライバーがその走行状態を「渋滞」あるいは「順調」と感じた区間を、システムが「渋滞」、「順調」と判断している。

### 5.5 応用機能のまとめ

本稿前半で述べた検索語によるユーザの感性に合致した楽曲を Recommend する機能を利用し、外部の状況(時間帯、天気、順調や渋滞などの走行状態)に応じて検索語を自動的に切り替えることによって、その状況に応じた楽曲を Recommend する機能を開発した。

この機能により、外部の環境に合った雰囲気楽曲を、ユーザが操作することなく提供することが可能となった。

## 6. まとめ

本システムは、カーナビゲーションシステムに搭載された音楽録音機能を有効に利用するためのアプリケーションとして2004年以降のカーナビの一部に実装されている。

今後は、学習方法の改善や、より最適な楽曲特徴量の抽出などを検討し、合致度の精度をさらに向上させたい。さらに、今回開発した楽曲 Recommend システムを応用し、新たなエンターテインメントの創造を目指していきたいと考えている。

システムをカーナビに搭載するにあたり、協力していただいたモバイルエンターテインメントビジネスグループの関係各位に感謝いたします。

### 参考文献

- (1) 萩山真一：“類似楽曲検索を目的とした楽音からの和音進行抽出手法,” FIT2003, 一般講演論文集, Vol.2, p245-246, 2003
- (2) 児玉泰輝, 他：“楽曲 Recommend システム”, FIT2004, 一般講演論文集, Vol.2, p385-386, 2004
- (3) Yasuteru Kodama, “A Music Recommendation System” Digest of Technical Papers ICCE 2005, 6.1-1, p219-220, 2005
- (4) 小田川智, 他：“楽曲 Recommend システム” 応用音響研究会, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106, No.160 p49-53, 2006

### 筆者紹介

小田川 智 (おだがわ さとし)

技術開発本部 モバイルシステム開発センター サウンド技術開発部。カーナビゲーションシステム関連技術、通信応用技術、エージェント応用技術開発に従事。

児玉 泰輝 (こだま やすてる)

技術開発本部 モバイルシステム開発センター サウンド技術開発部。自動車内アクティブノイズキャンセラ開発, IMT2000 の CDMA 技術開発を経て、移動体におけるアプリケーション開発に従事している。

**義山 真一 (がやま しんいち)**

技術開発本部 総合研究所システム研究センター 情報メディア技術研究部。アクティブノイズキャンセラの開発、デジタル無線変調技術の開発、エージェント技術、音楽構造化技術の研究を経て、ソフトウェアによるアルゴリズム研究とアプリケーション開発に従事している。

**松下 文雄 (まつした ふみお)**

技術開発本部 モーバイルシステム開発センター サウンド技術開発部。音場制御技術、カーナビゲーションシステムシステム関連技術の開発に従事。

**鈴木 康悟 (すずき やすのり)**

技術開発本部 モーバイルシステム開発センター 車載システム開発部。ハイサンプリング DAT 開発設計、DVD オーサリングシステム開発、車内音場研究開発を経て、現在モーバイル情報技術の開発に従事。