

ATTA グルーピング構造分析器のパラメータ重要度評価

岡 良典¹ 浜中 雅俊² 平田 圭二³ 東条 敏¹

¹ 北陸先端科学技術大学院大学

² 科学技術振興機構 さきがけ研究員

³ NTT コミュニケーション科学基礎研究所

oka-y@jaist.ac.jp

ATTA (Automatic Time-Span Tree Analyzer) は、音楽理論 GTTM の計算機モデルである exGTTM に基づく楽曲分析器であり、GTTM の中で定義される楽曲のタイムスパン木を自動で獲得することができる。このシステムには各種パラメータが備えられており、それらを調節することにより分析の精度をあげることができる。しかし、それらパラメータが分析の精度にどの程度影響があるのかわかっていない。本研究報告では、楽曲分析器 ATTA によるグルーピング構造分析において、分析器に備えられたパラメータ重要度の評価を行った。ここでは各パラメータの重要度を評価するため、評価するパラメータが分析に影響を及ぼさない状態での F 値を計測し、パラメータがすべて調節可能な状態での F 値と比較した。その結果、パラメータそれぞれの影響度の違いがあること、また、影響度は楽曲によっても違うことが確認できた。

Assessment of Parameters for ATTA Grouping Structure Analyzer

Yoshinori Oka¹ Masatoshi Hamanaka² Keiji Hirata³ Satoshi Tojo¹

¹ Japan Advanced Institute of Science and Technology,

² PRESTO, Japan Science and Technology Agency,

³ NTT Communication Science Laboratories

oka-y@jaist.ac.jp

ATTA (Automatic Time-Span Tree Analyzer) analyzes a musical structure, based on ex-GTTM that is a computational model of GTTM, and produces a time-span tree. The system includes various parameters; by adjusting these values we can acquire a more reliable time-span tree together with a more adequate grouping structure. However, which parameters affect how on analyses is not well understood. In this study, we accessed the influence of each parameter on the analyses. We first set the weight of a certain parameter to zero so that the parameter does not affect the analysis, and evaluate F -measures. Then, we compare the value with the result where all the parameters are available. As a result, we found that the influence of parameters is different each other, and also affects differently from a piece to a piece.

1 はじめに

ATTA¹ (Automatic Time-Span Tree Analyzer) [1] は、音楽理論 GTTM (Generative Theory of Tonal Music) [2] で定義されているタイムスパン木を自動で取得できる楽曲分析器である。ここでタイムスパン木とは、楽曲中に存在する各音符の重

要度の階層関係を表したものであり、楽曲編曲や演奏の表情づけ、楽曲検索に役立つ楽曲要約などへの利用が期待されている [3]。本研究の目的は ATTA によるグルーピング構造分析において、システムの中に含まれるパラメータ重要度の評価を行い、重要度を考慮したパラメータ設定法の提案や、同時に GTTM で定義されているルールの優先度を求めることである。

¹<http://staff.aist.go.jp/m.hamanaka/atta/>

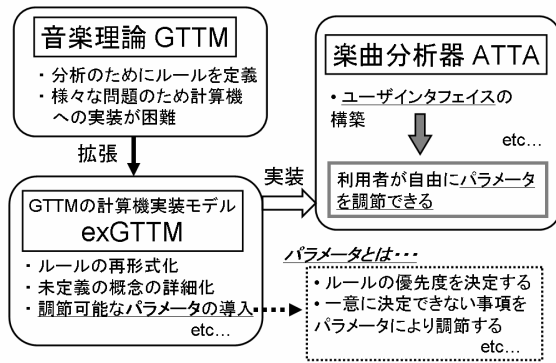


図 1: ATTA の概要

GTTM はタイムスパン木を獲得するために、複数のルールを定義している。しかし、ルールの適用順序が定められていないことや、未定義の概念を使用していることなどにより、計算機上への実装が難しかった。われわれは GTTM を拡張し、ルールの数式化やパラメータの導入などをおこない、計算機上への実装を可能にした。これを exGTTM と呼ぶ [1]。ATTA は、exGTTM に基づいてタイムスパン木を獲得するために、グルーピング構造分析器、拍節構造分析器、タイムスパン木分析器が用意されている (図 1)。本報告では、グルーピング構造分析器を対象とし、パラメータの重要度を考察する。

グルーピング構造分析とは、楽曲をあるまとまりのあるフレーズに分割する分析のことで、いくつかの手法が提案されているが [4, 5]、これらの手法では表面的なグルーピングを得ることはできるものの階層的なグルーピング構造を獲得することはできない。GTTM のグルーピング構造分析では、楽曲の階層的なグルーピング構造を獲得できることが特徴となっている。GTTM では、このグルーピング構造を獲得するために、いくつかのルールが定義されており、それらはグループの境界になる条件やより好ましいグルーピング構造を獲得するための条件などである。exGTTM では、ルールの優先度を決定するパラメータや、未定義の概念を詳細化するためのパラメータを導入することで、一意に決定できない事項を制御できるようにした。このパラメータを導入する方法により、楽曲の分析の精度は向上することが確認されている [1]。

ATTA では exGTTM で導入したパラメータを、ユーザが調節できる。しかしながら、それぞれのパラメータの重要度や調節する順序については示されていない。そのため、ユーザは適用されているルールを参考にしながら、試行錯誤でパラメータを調節し、グルーピング構造を理想的な形に近づける。これは非常に労力がいる作業である。

そこで、パラメータ設定の完全自動化に向けて、まず、遺伝的アルゴリズムによるパラメータの自動

設定法を提案した [6]。その結果、手動よりも分析の精度があがることがわかった。

しかし、パラメータそれぞれがグルーピング構造分析にどの程度影響を及ぼしているかについては確認ができていない。そこでわれわれはそれぞれのパラメータがグルーピング構造解析にどのように関係するかという観点から重要度を調べることにし、また、それを生かした分析器の改良も考察する。

2 ATTA におけるパラメータの重要度とパラメータ設定法

本章では、ATTA が備えているパラメータの意味と、設定法について述べる。ATTA では、パラメータの調節により分析の精度を高めることができる。分析の精度については、分析の正解データを用意した楽曲と ATTA の出力とを比較することによって行っている。ここで用意した正解データは、音楽メタ情報記述のフレームワークである “MOMI” [7] の形式に従い記述されたものである。MOMI では、付与されたアノテーションの再利用性を高め、音楽情報の作成・蓄積などを促進することを目的としており、GTTM の分析結果をアノテーションとして記述する方式を提案・実装している。その正解データは、音楽の専門家が GTTM に基づきグルーピングしたものであり、それを 3 人の GTTM の専門家によってクロスチェックしたものである。

2.1 パラメータの意味と重要度

ATTA のユーザインタフェースには、パラメータの数値を制御する機構があり、ユーザは自由にパラメータを調節することができる。また、分析結果の表示機能もあることから、パラメータの影響を確かめることもできる。さらに、結果表示部には適用されているルールも表示されている。ユーザは、適用されているルールを頼りにパラメータ調節を行い、グルーピング構造を理想的な形に近づけることができる。

ATTA でユーザが調節できるパラメータは、GTTM で定義されているルールの強さを調節するパラメータ S^{GPRj} 、ルールを適用する基準を決定するパラメータ T^{GPR4} , $T^{low-level}$ 、そして対称性や並行性といった未定義の概念を一意に決定するパラメータ σ, W_r, W_s, W_i である。

GTTM のグルーピング分析で定義されているルールは、音列をグループに切る際の手がかりを与えるものである。GPR2 はある音符間が前後の音符間より変化する部分 (休符など) を手がかりとし、GPR3 はある音符間の前後にあるグループ (音符の

表 1: 各パラメータの意味

パラメータ	意味
S^{GPRj}	各ルールの強さ。ただし、 $j = (2a, 2b, 3a, 3b, 3c, 3d, 4, 5, 6)$ 。
T^{GPR4}	GPR2 と GPR3 の効果が明白な部分かどうかを決める閾値。
$T^{low-level}$	遷移 i が低いレベルでの境界かどうかを決める閾値。
σ	GPR5 で用いる正規分布の分散。
W_r	GPR6 の並行性に関して、リズム方向のズレと音高方向のズレのどちらを重視するか決定するパラメータ。
W_s	GPR6 の並行性に関して、パラレルな区間の始まりを重視するか終りを重視するかを決めるパラメータ。
W_l	GPR6 の並行性に関して、パラレルな区間の長さをどれくらい重視するかを決めるパラメータ。

集まり) が変化する場所 (音程の大きな変化や強弱の変化など) を手がかりとするもので、それぞれはさらに詳細に定義されている (GPR2a, GPR2b, ...)。GPR4 は GPR2,3 のルールが比較的明白な部分を境界とするものである。GPR5 は対称性に関するルールで、グループを長さの等しい 2 つのグループに分割することを優先する。GPR6 は並行性に関するルールで、フレーズの繰り返しなどを優先的にグルーピングするものである。

S^{GPRj} はルール (GPR2a, GPR2b ...) の強さを調節するものである。これは GTTM で定義されているルールには、優先順位が決定されていないため、それを決定するために実装されている。 S^{GPRj} の重要度を評価することは、ルールの重要度を評価していることになる。

また、 T^{GPR4} は GPR2 や GPR3 の効果が明白であるかを決める閾値であり、 $T^{low-level}$ は局所的な境界であるかを決める閾値である。これら閾値はルールを適用される基準を決定している。閾値が低い場合は、より多くのルールを適用することになり、これはグループの境界がより多くできることになる。しかし、閾値の対象となっているルールには、そもそも、 S^{GPR2a} ... のようなルールの強さを決めるパラメータが働いている。例え閾値がなかったにしても、 S^{GPR2a} ... の値が低ければ、閾値を使ったときと同様の効果が期待できるのではないかと考えられる。つまり、 T^{GPR4} や $T^{low-level}$ の重要度の評価は、そのパラメータ自体の必要性の評価といえる。

残りのパラメータ σ, W_r, W_s, W_l は、楽曲の並行性や対称性といった構造をとらえるためのものである。以上、パラメータの意味を表 1 にまとめる。

対称性や並行性は GPR5 や GPR6 で取り上げら

れているが、GTTM ではどのような場合に対称や並行とするかは定義されておらず、文献 [2] では簡単な例が示されているだけである。つまり並行性や対称性に関して明確な定義が示されていない。また、並行性はメロディの類似度を求める必要があるが、その手法は多く存在し、決定的なものは存在しない。そこで、GTTM の拡張モデルとして提案された exGTTM では、直観的でわかりやすい定義にてこれらを数式化し、調節可能なパラメータ σ, W_r, W_s, W_l を用意することで曖昧な部分を決定することにした。このことから、これらのパラメータの重要度を比較する場合には、他の並行性や対称性を得る手法と比較して、評価する必要がある。そのため、今回の評価実験では、これらのパラメータを対象とした実験をしないことにする。

2.2 パラメータの設定法と問題点

先に述べたように、これまではパラメータは手動による調節が必要であった。これは、楽曲それぞれに必要なルールが違うことなどから、パラメータの値を一意に決定できないためである。ATTA のユーザはシステムが出力する結果を見ながら、パラメータを試行錯誤で調節していく必要がある (図 2)。

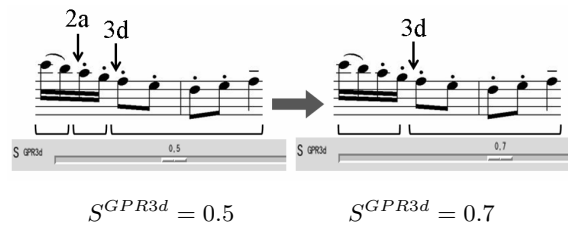


図 2: パラメータ調節の例

現在、ATTA のグルーピング分析器に備えられているパラメータは 16 個である。パラメータ σ は、0.01 から 0.1 まで 0.01 きざみで 10 段階、その他のパラメータはすべて 0.0 から 1.0 まで 0.1 きざみで 11 段階の調節が可能である。これらパラメータの調節によって、グルーピング分析の精度があがることは確認できている。しかし、パラメータそれぞれは相互に関係を持っているため、調節する場合には、様々なパラメータを試行錯誤しながら調節していく必要がある。そのため、手動の調節によって最適解を得られる保証はないが、最適解を得るため全探索するには約 4.177×10^{17} ($= 11^{15} \times 10$) とおりの組み合わせを調べることになり、現実的ではない。

そこで我々は、完全自動化に向けて、まずパラメータの自動獲得について考えた。そこで提案したのが遺伝的アルゴリズム (GA) によるパラメータ自動設定法である。

2.3 GA によるパラメータ設定法

GA (Genetic Algorithm; 遺伝アルゴリズム) は確率的探索や最適化の一手法であり, 同時多点探索に有利であることが知られている. ATTA のパラメータの数が多く, 相互に関係をもっていることから, GA によって可能となる同時多点的な探索が有効であると考えられる.

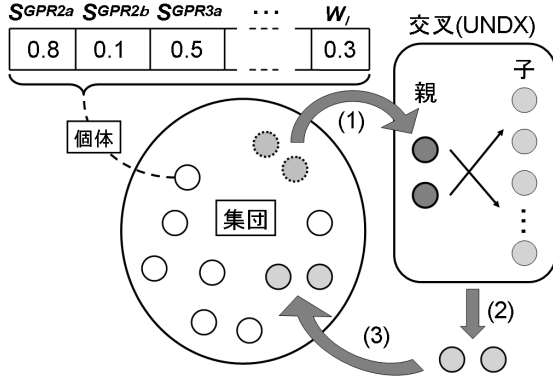


図 3: 本システムであつかう GA の流れ

本研究であつかう GA の流れを図 3 に示す. GA における各個体は, ATTA に備えられた各パラメータの値をもったパラメータセットである. 最初はランダムにこの個体を生成し, 初期集団をつくる. 次に, 初期集団から親をランダムに選択する (図 3(1)). その親から交叉を行い子を生産するのだが, 本研究では交叉手法として, 単峰性正規分布交叉 (UNDX) [8] を採用した. UNDX により生成された子と, その親の集団から次の世代に残す個体を選択する (図 3(2)). ここで選択される個体は, 最も優良な個体と, ルーレット選択によって選ばれる個体である. そして選ばれた個体が集団に加えられ, 先に選択された親と入れ替わる (図 3(3)). そして次の親を選択する. この流れを終端条件を満たすまで繰り返す. なお, 親の数, 集団サイズ, 生成する子の数, 終端条件は初期値として与える必要がある.

図 4 は UNDX における子の生成範囲を 2 次元の場合に簡略化して表現している. 基本的に子は二つの親を結ぶ線分の周辺に正規分布にしたがって生成され, 第三番目の親は正規分布の標準偏差を決めるために補助的に用いられる. UNDX の特徴は, 初期の段階では幅広い空間から探索を始め, 中盤から最適解がありそうな部分的な範囲を探索することである. ATTA のパラメータ調節では, あらかじめ解が存在する空間が想定できないため, この手法が有効であると考えられる. UNDX の子を得る式は, 次のようになる.

$$\vec{C} = m + z_1 e_1 + \sum_{k=2}^n z_k e_k$$

$$m = (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)/2$$

$$z_1 \sim N(0, \sigma_1^2), \quad z_k \sim N(0, \sigma_2^2), \quad (k = 2, \dots, n)$$

$$\sigma_1 = \alpha d_1, \quad \sigma_2 = \beta d_2 / \sqrt{n}$$

$$\vec{e}_1 = (\vec{P}_2 - \vec{P}_1) / |\vec{P}_2 - \vec{P}_1|$$

$$\vec{e}_i \perp \vec{e}_j, \quad (i \neq j), \quad (i, j = 1, \dots, n)$$

ここで n は次元数, \vec{P}_1, \vec{P}_2 は両親, \vec{C} は子, d_1 は両親間の距離, d_2 は第三の親と両親を結ぶ軸との距離, \vec{e}_1 は両親を結ぶ軸方向の単位ベクトル, $z_1 \sim N(0, \sigma_1^2)$ と $z_k \sim N(0, \sigma_2^2)$ は正規乱数を表す. α, β はユーザーが与えられる定数であるが, $\alpha = 0.5, \beta = 0.35$ が推奨されているため, 本研究でもこの値を使う. また \vec{e}_i ($i = 2, \dots, n$) は \vec{e}_1 に垂直かつ線形独立な単位ベクトルで, 任意の線形独立なベクトル集合からグラムシュミットの直交化法により求められる.

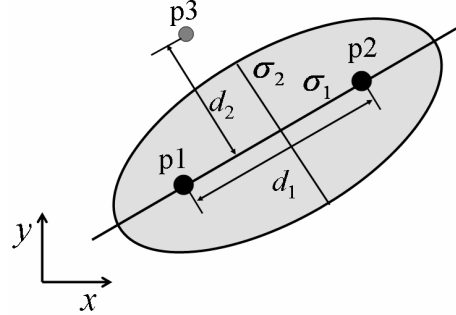


図 4: UNDX の子の生成範囲 (2 次元の場合)

2.4 パラメータ重要度の評価方法

パラメータの重要度を評価する方法は次のとおりである. まず, 評価したいパラメータを一つ選択する. そして, そのパラメータを 0 (ゼロ) に固定し, 調節ができないようにする. そして, GA によるパラメータの自動獲得を行う. 選択したパラメータを 0 に固定することにより, 分析結果にそのパラメータの値が影響をおよぼさないことになる. その分析結果を, すべてのパラメータが調節できる状態で獲得した分析結果と比較することで, 選択したパラメータが分析結果におよぼす影響度がわかる.

評価の対象となるパラメータは, S^{GPRj} (9 種類) と $T^{GPR4}, T^{low-level}$ である. パラメータ S^{GPRj} はそれぞれのルール (GPR2a, GPR2b ...) の強さを決めるパラメータである. 評価のために選択したパラメータが S^{GPRj} のいずれかであれば, 選択したルールの強さが常に 0 であることから, グルーピング分析にそのルールを使わないことになる. T^{GPR4} は GPR2 や GPR3 の効果が明白であるかを定める閾値であり, $T^{low-level}$ は局所的な境界であるかを定める閾値である. 選択したパラメータが T^{GPR4}

や $T^{low-level}$ であれば、閾値の値が 0 であることから、閾値の対象となっているルールを最大限に利用することになる。

重要度を知るための簡単な比較の例を図 5 に示す。図 5(a) はすべてのパラメータを使って分析した場合のグルーピングを示している。また、評価するパラメータに S^{GPR2b} を選択し、 $S^{GPR2b} = 0$ として分析を行って獲得したグルーピングが図 5(b) である。この場合、パラメータの有無に関わらず同様のグルーピング結果が得られている。これは、そもそも GPR2b のルールを使ってグループの境界を決定している場所がないため、GPR2b のルールの強さを変えてもグルーピングに影響がないためである。つまり、ここではパラメータ S^{GPR2b} は必要のないパラメータであり、重要度が低いといえる。また、評価するパラメータに S^{GPR3a} を選択し、 $S^{GPR3a} = 0$ として分析を行った結果獲得した構造が図 5(c) である。ここでは、パラメータが調節できないことによる影響がでており、分析結果に変化が生じている。ここで正解データと比較すると、(c) は不十分なグルーピング結果である。つまり、この例において S^{GPR3a} は必要なパラメータであり、かつ重要度の高いパラメータであるといえる。

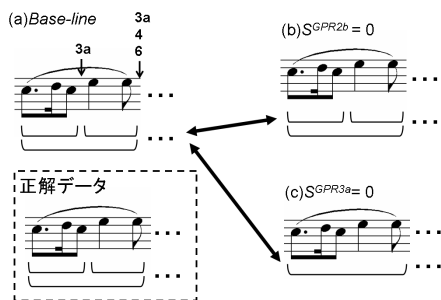


図 5: 分析結果の比較

図 5 は 1 小節のため、単純に比較した結果を述べたが、実際の評価実験では、8 小節のグルーピングを比較する。本実験でのグルーピングの分析結果は F 値によって評価する。そのため、すべてのパラメータを調節できる状態での F 値と、重要度を評価するために選択したパラメータを 0 に固定したときの F 値を比較することにより、重要度の評価を行う。

3 評価実験

パラメータそれぞれの重要度を評価するための実験を行う (図 6)。パラメータの調節には、GA によるパラメータ設定法を用いる。評価の対象となっているパラメータそれぞれを 0 で固定し分析した結果と、すべてのパラメータを調節できる状態で分析

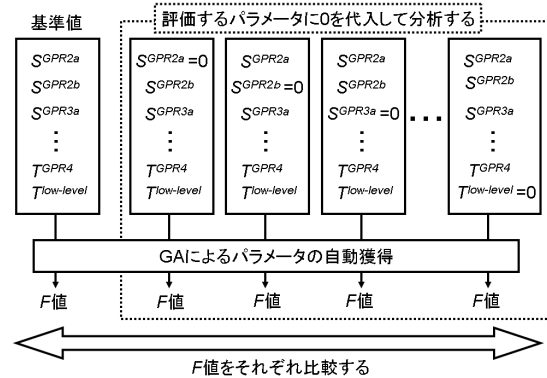


図 6: 実験の流れ

した結果を比較する。評価に使う楽曲は、クラシック曲 100 曲から 8 小節を抜き出したものである。

パラメータの調節に GA によるパラメータ設定法を選択した理由は、予備実験により有効性が示されているからである。参考までに予備実験の結果を表 2 に示す。なお、予備実験の詳細については文献 [6] で説明している。

表 2: 各手法での 100 曲の平均 F 値

手動	ランダム探索	山登り法	GA(UNDX)
0.764	0.706	0.786	0.813

3.1 実験

まず、ベースラインとなる基準値を求めるため、すべてのパラメータが調節できる状態での F 値を GA によるパラメータ設定法により求める。次に、重要度を評価したいパラメータの値を 0 に固定した状態で、GA によるパラメータ設定法により F 値を求める。パラメータの値を常に 0 に固定することで、そのパラメータが分析結果に影響を及ぼさないことになる。つまり比較した結果、 F 値が低くなれば、パラメータが必要であったことを示しており、極端に低くなるようであれば、そのパラメータは重要度が高いと言える。

なお、実験であつかう楽曲は、クラシック曲から 8 小節を抜きだしたもので、すべてモノフォニーである。そして、それらの正解データについては、平田らが提案した音楽メタ情報記述のフレームワーク MOMI の形式にしたがい記述されたものである。

GA の初期値は、集団サイズが 100、親の数は 2、子の数は 20 と設定した。UNDX は親の数を 2 以上に設定できるが、本研究では事前に親の数を検証する実験を行っており、親の数による性能の向上が認められ無かったためである。また、試行は 10 回お

表 3: S^{GPRj} を 0 に固定したときの F 値

メロディ	基準値	S^{GPR2a}	S^{GPR2b}	S^{GPR3a}	S^{GPR3b}	S^{GPR3c}	S^{GPR3d}	S^{GPR4}	S^{GPR5}	S^{GPR6}
1. モルダウの流れ	0.788	0.788	0.909 ↑	0.788	0.788	0.788	0.788	0.909 ↑	0.684 ↓	0.478 ↓
2. アヴェマリア	0.620	0.581 ↓	0.533 ↓	0.600 ↓	0.565 ↓	0.565 ↓	0.533 ↓	0.500 ↓	0.485 ↓	0.424 ↓
3. 交響曲第 40 番	1.000	1.000	0.800 ↓	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.837 ↓	1.000
4. 女学生	0.957	0.769 ↓	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.870 ↓
5. トルコ行進曲	0.933	0.933	0.933	0.889 ↓	0.933	0.933	0.736 ↓	0.933	0.933	0.674 ↓
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
平均	0.813	0.793	0.746	0.785	0.808	0.808	0.793	0.806	0.730	0.651

基準値と比べて F 値が向上した箇所に「↑」、低下した箇所に「↓」をつけた。

こなった。1 試行における終端条件は、 F 値が 1.0 になった場合、もしくは子の生成数の総計が 2000 に達したときとしている。

終端条件において、子の生成数の総計を多くすると探索がさらに行われる。2000 とした理由は、子の総数 1000 以降で 200 の子を生成するごとに F 値を調べたところ、1600 以降は F 値の上がる曲が 1 きざみで 3 曲程度、上がり幅もほとんどが 0.1 以下であるため、計算時間を考慮した結果 2000 が妥当とした²。

分析結果は F 値を用いる。 F 値は適合率 (Precision) と再現率 (Recall) から求められるが、ここでは、正解データのグループがシステムの出力に含まれる割合を適合率、システムの出力したグループが正解データに含まれる割合を再現率としている。 F 値の最大値は 1.0 であり、値が高いほど分析結果の精度がよいといえる。

3.2 結果

表 3 と表 4 は、 S^{GPRj} (9 種類) のパラメータをそれぞれ 0 に固定したときの結果である。表 3 は、楽曲別にそれぞれのパラメータを 0 に固定したときの F 値を示しており、一番下に 100 曲での平均を示している。また表 4 は、基準値と比較して F 値がどのように変化したかを曲数で示している。

表 3 のパラメータごとに比較してみると、楽曲それぞれで F 値が変化するものとしもないものがある。これは表 4 にもあらわれており、パラメータを 0 にしても F 値が変化しない場合が多く存在する。よってルールが強さを決定するパラメータ S^{GPRj} は楽曲によって必要なものとそうでないものが存在することがわかる。ただし表 4 から、すべてのパラメータで F 値が下がる曲が存在していることから、ATTA に備えられているパラメータにはすべて意義があることがわかる。

図 7 は、実験の結果得られたグルーピング構造の

²GA による探索で最高の F 値をどこまで求められるかは今後の課題とする。

表 4: 基準値との F 値の比較 (単位: 曲)

	上昇	変化なし	下降
S^{GPR2a}	17	52	31
S^{GPR2b}	17	37	46
S^{GPR3a}	21	43	36
S^{GPR3b}	13	69	18
S^{GPR3c}	13	69	18
S^{GPR3d}	16	56	28
S^{GPR4}	12	66	22
S^{GPR5}	6	24	70
S^{GPR6}	0	26	74

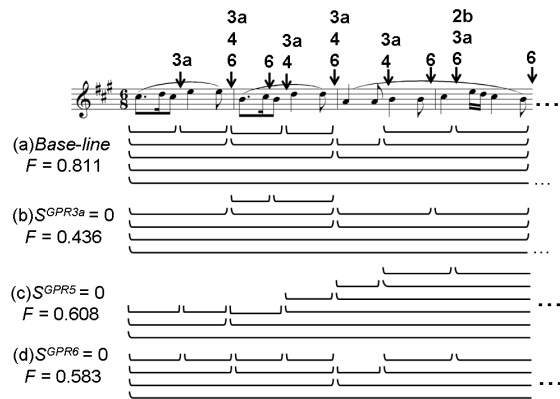


図 7: 各パラメータを 0 に固定したときの分析結果

例を抜粋して示している。楽譜の上部には、グループの境界を決定している GPR の番号を表示している。図 7(a) は、パラメータがすべて調節できる状態でのグルーピング構造であり、図 7(b)(c)(d) はそれぞれ S^{GPR3a} , S^{GPR5} , S^{GPR6} を 0 に固定したときのグルーピング構造である。

S^{GPRj} を 0 に固定するとは、対象としているルールが分析に影響をおよぼさないことになる。図 7(a) と (b) を比較すると、(a) では GPR3a によってグループの境界になっているものが (b) では境界となっていない。また、 S^{GPR5} , S^{GPR6} のそれぞれを 0 に固定した結果である (c)(d) では、大域的なグ

表 5: T^{GPR4} , $T^{low-level}$ を 0 としたときの F 値

メロディ	基準値	T^{GPR4}	$T^{low-level}$
1. モルダウの流れ	0.788	0.788	0.788
2. アヴェマリア	0.620	0.581 ↓	0.600 ↓
3. 交響曲第 40 番	1.000	1.000	1.000
4. 女学生	0.957	0.769 ↓	0.957
5. トルコ行進曲	0.933	0.933	0.889 ↓
⋮	⋮	⋮	⋮
平均	0.813	0.805	0.781

表 6: 基準値との F 値の比較 (単位: 曲)

	上昇	変化なし	下降
T^{GPR4}	15	64	21
$T^{low-level}$	12	41	47

ルーピングが変化していることがわかる。 F 値が下降する理由としては、(b) のように必要なルールが使えないことによるグルーピングの誤りと、(c) や (d) のように大域的なグルーピングが獲得できない場合が多い。

なお、各パラメータを 0 にしたときに F 値が上昇するものがある。要因としては、パラメータがひとつ減ることにより、GA の探索を行う空間が狭くなっているためである。これは、GA による探索で終端条件をさらに長く探索するように変えると、 F 値が上昇する曲がいくつかあるため、基準値にしている F 値が最高値あるという保証はない。そのため、 F 値が上昇する楽曲がある。

表 5 と表 6 は、閾値に関するパラメータ T^{GPR4} , $T^{low-level}$ をそれぞれ 0 に固定したときの結果である。

S^{GPRj} を 0 に固定したときと比較すると、影響をおよぼしている程度は低いと考えられる。これは当初の予想どおり、 T^{GPR4} , $T^{low-level}$ が閾値であるため、 T^{GPR4} や $T^{low-level}$ が 0 となり、閾値がなくなったとしても、 S^{GPRj} で調節が可能かためではないかと考えられる。ただし、 F 値が下がっている楽曲もあるため、全く必要のないパラメータであるとは言えない。

4 考察

本研究においては、各パラメータを一時 0 (ゼロ) とすることでマスクし、それによる楽曲分析への影響を評価した。これにより、パラメータの重要度を測定する一手法を提案した。今後、ATTA の改良によりパラメータが追加された場合にも、同様の実験によって、そのパラメータの必要性が評価できる。また、追加されたパラメータが与える影響度も確認

することができる。

本実験においては、パラメータそれぞれに影響度の違いはあるが、すべてのパラメータが分析に必要であることが確認できた。このことは GTTM で定義されるルールは、グルーピング構造を獲得するために必要な要素を備えていることを示している。しかしながら楽曲によって、必要なパラメータは変化し、その影響度も楽曲ごとによって変わる。このことから、一般にすべての楽曲において高い精度でグルーピングできるようなパラメータセットを見つけることは困難であることが予想され、複数のパラメータによる影響度の評価などが今後必要になってくる。

今回の実験よりグルーピングに関するルールの重要度について傾向を調べる。まず GPR2 で定義されている GPR2a と GPR2b では、表 3 から S^{GPR2a} より S^{GPR2b} の方が F 値の平均が低いことや、表 4 から S^{GPR2a} より S^{GPR2b} の方が F 値の下がる楽曲が多いことから、GPR2b が重要なルールではないかと考えられる。GPR2a は「連続する 4 つの音符 n_1, n_2, n_3, n_4 があるとき、 n_2 の消音時間から n_3 の発音時間までの間隔が、 n_1 の消音時間から n_2 の発音時間の間隔および、 n_3 の消音時間から n_4 の発音時間の間隔よりも長い場合境界とするルール」であり、主に休符やスラーの切れ目などに境界をつくる。また、GPR2b は「連続する 4 つの音符 n_1, n_2, n_3, n_4 があるとき、 n_2 の発音時間から音符 n_3 の発音時間までの間隔が、 n_1 の発音時間から n_2 の発音時間の間隔および、 n_3 の発音時間から n_4 の発音時間の間隔よりも長い場合境界とするルール」であり、音長の長い音符のあとが境界になりやすい。グルーピングをする場合、直観的には休符の部分やスラーの切れ目には境界が出来やすいのではないかと考えられるため、GPR2a の方が重要ではないかと考えられる。しかし実験結果では、GPR2b の方が F 値に与える影響が大きいと重要度が高いといえる。ただし、スラーで囲まれた部分などはフレーズになっている場合が多いため、GPR2a と同時に GPR6 (並行性) が成立し、グループの境界を決定している可能性があり、GPR2a の役割を補っていることが考えられる。またルールの性質から GPR2a と GPR2b は同じ場所で成立しやすい。今後はこのようにルールの相関関係を考えた重要度の評価を行っていく必要がある。

また GPR3 については、GPR3a が重要度の高い傾向にある。GPR3a は「連続する 4 つの音符 n_1, n_2, n_3, n_4 があるとき n_2 と n_3 の音程が大きく変化する場合を境界とするルール」であり、曲をグルーピングする場合には音程の変化が重要となる傾向が高い。なお、GPR3b は「 n_2 と n_3 の前後で強弱が変化する場合を境界とするルール」、GPR3c は「 n_2 と n_3 の前後でアーティキュレーションが変

化する場合を境界とするルール」GPR3dは「 n_2 と n_3 で音長が変化し、 n_1 と n_2 および n_3 と n_4 は同じ音長のときに n_2 と n_3 の間を境界とするルール」である。

GAによる探索において、探索空間が狭くなることで F 値が上昇する曲が存在することは、パラメータの数を減らすことによりパラメータセットの探索効率が上がっていることを示唆している。しかしながら、パラメータの数を減らす場合には、局所解に陥る危険性があることも考えられる。そのため、パラメータの削減による探索効率と精度の向上を考える場合、削除すべきパラメータは、分析結果に全く影響を及ぼさないパラメータに限る必要がある。

楽曲ごとに必要なパラメータが違ふこと、その影響度が違ふことから、すべての楽曲に対して理想的なグルーピングが得られるようなパラメータの値を見つけることは困難であると思われる。つまり一通りのパラメータセットを用意するだけの自動化は困難であることがわかる。そこで今後の方針としては、パラメータを調節する前の状態で、比較的よいグルーピングを得られるようなパラメータセットが、数種類に分類できないかを考える。そのためには、パラメータの相互関係に着目した重要度の評価も必要になってくるのではないかと考えられる。また、そのパラメータを使って分析した状態から、理想的なグルーピングが得られるような手法を考える必要がある。また、完全自動化とした場合、正解データをもたないような楽曲に対しても、理想的なグルーピングができるようにしなければならない。そのための手法も今後考えていく予定である。

5 まとめ

我々はATTAのグルーピング構造分析器を対象として、パラメータの重要度を評価する一手法を提案した。またGAを用いたパラメータ自動獲得を用いて、重要度の評価を行った。その結果、以下のことが実験によって確認できた。

- 現在、ATTAのグルーピング分析器にあるパラメータは、どれも必要なものである。
- 楽曲によって分析結果に影響を及ぼさないパラメータが存在する。
- パラメータの優先順位は楽曲ごとに違ふことから、優先順位を決定することは困難である。
- グルーピングに関するルールの重要度を考えると、音長差よりも音程差の方が重要度が高い傾向にある。
- パラメータの数が減ることで効率よく最適なパラメータセットを発見できる可能性があるが、局所解に陥る可能性もある。

現在までにグループ構造解析におけるパラメータ調整についてGAの有効性を調べた。今後、拍節構造分析器、タイムスパン分析器については、今回用いたGAによる自動化手法が有効かどうかを検証する必要がある。よって、これらの分析器に対するパラメータ重要度評価も順次行っていく予定である。

参考文献

- [1] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条敏: ATTA: exGTTMに基づく自動タイムスパン木獲得システム, 情報処理学会研究報告, 2005-MUS-61, pp. 19-26 (2005).
- [2] Lerdahl, F. and Jackendoff, R.: *A Generative Theory of Tonal Music*, The MIT Press (1983).
- [3] 平田圭二, 松田周: パビブーン: GTTMに基づく音楽要約システム, 情報処理学会研究報告, 2002-MUS-46, pp. 29-36 (2002).
- [4] Temperley, D.: *The Cognition of Basic Musical Structure*, The MIT Press (2001).
- [5] Cambouropoulos, E.: The Local Boundary Detection Model (LBDM) and its Application in the Study of Expressive, in *Proceedings of the International Computer Music conference* (2001).
- [6] 岡良典, 浜中雅俊, 平田圭二, 東条敏: GTTMに基づくグルーピング構造獲得システムの自動化, 第19回人工知能学会全国大会論文集 (2005), <http://www-kasm.nii.ac.jp/jsai2005/schedule/pdf/000236.pdf>.
- [7] 平田圭二, 松田周, 青木忍, 浜中雅俊, 梶克彦, 長尾確: MOMI: 音楽メタ情報記述のためのフレームワーク, 情報処理学会研究報告, 2005-MUS-61, pp. 13-17 (2005).
- [8] 小野功, 佐藤浩, 小林重信: 単峰性正規分布交叉UNDXを用いた実数値GAによる関数最適化, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6 (1999).