メロディの知覚と予測の過程¹ ——終止音導出行為のシミュレーション——

北海道大学 阿 部 純 一²

Perception and prediction in melody: Simulation of the final-tone extrapolating behavior

Jun-ichi Abe (*Department of Behavioral Science, Faculty of Letters,
Hokkaido University, Kita-ku, Sapporo 060*)

This paper describes a theory of human melody perception and his final-tone extrapolation behavior, embodied in a computer simulation model called FTES 2. Related experimental findings were also presented. The processes used by an expert musician in extrapolating final-tones and the computer simulation of these processes are contrasted and discussed. The theory consisted of a few general rules and several personal "tonal" processing rules. The present findings indicate that interpretation of a melody depends, in large part, on the characteristics of the "tonal" rules.

Key words: music, cognitive processes, computer simulation, pattern discrimination, auditory perception.

本研究は、メロディを知覚したり記憶したりあるいはまた予測したりする行為の基礎にある認知過程の性質を解明しようとする試みの一部にあたる。本研究では特に、“終止音導出”行為に注目し、その内的情報処理の過程をモデル化することを目的とする。終止音導出とは、メロディの断片を聞きその後尾にもう1音付け加えそのメロディをまとも良く終わらせる手続きをいうが、この手続きはメロディ知覚を支える調性的スキーマの性格を明らかにするのに有効であることが既に確かめられている(阿部・星野, 1985b; 星野・阿部, 1981, 1984)。本研究ではモデル化の対象を音楽に熟達したある特定個人の終止音導出過程としたが、その理由は、メロディを知覚する能力とスタイルには個人差が大きく存在するため人々に共通した平均的・一般的な傾向を捉えにくいということと、音楽に習熟していない被験者の反応行動は偶然的な要因によって変動しすぎるということによる。すなわち、人間のメロディ知覚の過程をモデル化しようとする第1段階として、まず、安定した規則駆動型の認知行為が期待できる被験者、つまりは強固で精緻なスキーマを保持していると考えられる音楽熟達者、の過程を対象としてみた訳である。

終止音導出行為

ある曲を複数の人が聞いたとしてみよう。各々がその音楽をどのように“感じ”、どのように“理解”し、そしてどのような記憶を心に残すのか、それら個々人の心的活動の内容を“精確に”知ることは至難の業であろう。ここに音楽の認知的研究を難しくさせる1つの原因がある(阿部・星野, 1985a)。

星野と阿部(阿部・星野, 1985b; 星野・阿部, 1981, 1984)は、個々人の心内で行われているメロディ処理の特徴を行動上に反映させるための1つの方法として、“終止音導出”と呼ばれる手続きを用いている。この手続きは、前述したように、被験者にある音高列(断片的メロディ)を聞かせ、この音高列を“最もまとも良く終わらせることができる”と思われる音高を自由に選定させる手続きをいう。いろいろな音高列の中には、どのような被験者でも容易に終止音を導出することができ、しかもその反応終止音高は被験者間で一致するという場合もあるが、一般には、同じ音高列に対する終止音反応であっても、その音高や難易度は被験者間で様々に異なるのが常である。そのような、反応行動上に現われる違いは個々人のメロディ処理上の差異を何らかの形で反映していると考えられるため、その結果を十分に分析すれば人間のメロディ処理の普遍的特徴と個人的特徴を見極める手がかりが得られるのではないかと、とするのがその目論見である。

阿部・星野(1985b)は、その第1実験で、洋楽およ

¹ 本研究は昭和59-60年度文部省科学研究費(試験研究2, 課題番号59810002)の補助を受けた。

² 本研究の遂行にあたり星野悦子氏(現パリ大学大学院)および山本理浩氏(現日本IBM)の多大なご助力を得た。ここに記して謝意を表す。

び邦楽の熟達者各1名の終止音導出反応を多数の3音音高列(短くまた単純ではあるがメロディの断片とみなすことができる)に対して求めた。その結果は、洋楽および邦楽の熟達者の終止音導出行為にはともに調性的スキーマへの強い依存性が認められるが、両者のスキーマの性質は大きく異なる、というものであった。そこで彼らは第2実験を行い、より安定的な反応を示した洋楽熟達者の調性的スキーマの特徴(いうならば入力メロディに対する調性的処理の規則性)をより詳しく分析することを試みた。本稿の以下で解説するプログラム FTES 2 (Final-Tone Extrapolation System, version 2) は、その第2実験(阿部・星野, 1985 b) で観察されたある洋楽熟達者の終止音導出行為をシミュレートしてみたものである。まず、その第2実験について簡単に解説しておこう。

ある洋楽熟達者の終止音導出行為の分析

方 法

被験者 被験者は、6歳からピアノを習い始め、高校、大学とクラシック音楽の専門課程に学んだ30歳の女性である。彼女は、絶対音高による視唱・聴音をはじめとした様々な音楽上の認知技能を高度に身につけている。彼女の音楽家としての専門はピアノ演奏であり、そのレパートリーは古典派、ロマン派を中心とする。ただし、日常的には、バロックから現代までの各種のクラシック音楽、さらには各種のポピュラー音楽や民族音楽などもよく鑑賞しており、それらの音楽にも慣れ親しんでいる。

刺激材料 刺激となる断片的メロディとしては、なるべく単純なものから網羅的に対象とすることにし、3音からなる音高列を選んだ。すなわち、1オクターブの音高範囲内に存在する3音音高列に可能な全ての音程遷移構造を網羅した469種である。実験は被験者の反応の安定性をチェックするために2度なされたが、2度の実験のそれぞれにおいて、各音高列が提示される絶対的音高位置は下限 A_3 (220.00 Hz) から上限 G_5 (783.99 Hz) までの間でランダムに定められ、また、その提示順序もランダムにされた。

手続き 被験者は防音室内の鍵盤型シンセサイザーの前に着席し、正面1メートル前にあるスピーカーから提示される450種の刺激音高列を順次聞く。各音高列は3秒の間隔を置き2度提示されるが、被験者はその後の14秒以内に適当な終止音を導出しなければならない。被験者は、各音高列の提示中から提示後にかけて自由にシンセサイザーの鍵盤を試打することを許されており、自身にとって“その刺激3音メロディを最もまとも良く終わらせることができる”と思われる音高を鍵盤上から選ぶ。また、その反応の確信度を答える。被験者の打鍵す

るシンセサイザーの出力音は、刺激音と同じ音色、音量で同一のスピーカーから提示される。前述したように、被験者は全469種の音高列に対する実験を2度行う。2度の実験が終了した後、被験者は、課題に対する一般的感想や意識した反応ストラテジーなどについて聞かれる。

結 果

本研究の洋楽熟達者の終止音反応には、入力音高列の音程遷移構造に関係したある種の規則性がはっきりと認められた。それらの規則性は、いわゆる“調性 (tonality)”に関連するものであり、さらにいえば西洋全音階 (Western diatonic system) の枠組みに良くあてはまるものであった(詳しくは阿部・星野, 1985 b を見よ)。本稿の以下で解説する情報処理モデル FTES 2 は、その分析結果を基にたてられた心理学的仮定を検証してみようとするためのものである。

メロディ知覚過程に関する心理学的仮定

本研究のモデル化における最も基本的な仮定は、人間のメロディ処理の過程を聴覚的処理の過程とより高次の認知的処理の過程とに分離できるとしたことである。すなわち、FTES 2 は実際の物理的音響は取り扱わず、その入出力情報は絶対的音高に対応する記号、具体的には平均率2オクターブ間に存在する25個の音高の絶対音名(C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, H, C', C'#, D', D'#, E', F', F'#, G', G'#, A', A'#, H', C'')とした。このことは、人間のメロディ知覚の過程のある段階以降では、入力刺激は離散的単位(楽譜上でいえば1個の音符にあたる)の列的構造として処理される、とする考えに基づく。FTES 2 はこの段階以降の過程をモデル化したものであり、その過程は完全に“シンボル操作の過程”とみなされていることになる。

阿部・星野(1985 b)に述べられているように、本研究の洋楽熟達者は入力メロディ(3音音高列)を全音階的枠組みの下で知覚しようとする傾向を強く持っている。しかし、単に入力音高列を全音階的に聞き取るという意味では、その聞き取り方に複数の可能性が出てくる。例えば、絶対音高で $[E_4-H_4-C_5 \#]$ の音高列が与えられたとした場合、楽譜上では4種類の全音階的解釈が可能になる。すなわち、 $[do-sol-la]$, $[re-la-si]$, $[fa-do-re]$, そして $[sol-re-mi]$ であり、さらに、和声的短音階や旋律的短音階などの準全音階への適合も含めればさらに多くの解釈が考えられる。この入力音高列に対する本研究の洋楽熟達者の実際の聞き取り方は $[sol-re-mi]$ であり、彼女は $[sol-re-mi \rightarrow do]$ とこのメロディを終止させ、絶対音高で $[A_4]$ を導出していた。

本研究では、シミュレーションの努力を、この全音階

的解釈を決定する処理ルールの定式化に集中させた。以下に、この処理を FTES 2 で実現させるために用いた基本的仮定を列挙する。

まず始めに、多くの人々のメロディ処理に共通すると考えられる“一般的”仮定を述べる。

一般的仮定 1: 個々人はメロディを処理するためのルールの集合を内的にもっている。(各自のトップ・ダウンの処理の性格はそのルールの集合の内容によって定まる。)

すなわち、人間のメロディ知覚はスキーマ依存的な性格をもっており、その個人差は各自がもつスキーマ、いうならば処理ルールの集合、の違いによってもたらされる、ということである。

一般的仮定 2: 各ルールの間の関係は構造化されている。(音高列が入力された時の各ルールの発動されやすさ(優先度)に階層的な構造関係がある。)

一般的仮定 3: ある音高列を処理するために発動されたルールの優先度が高ければ高いほど、その音高列はメロディとして容認(accept)されやすく、かつ記憶されやすい。

各音高列は“メロディとしての容認性”に様々な違いがあり、また、その容認性と終止音導出の容易さや記憶成績などとの間には正の相関が認められる(星野・阿部, 1981, 1984)。これらの現象は、上述の仮定を置くことで説明することができる。本実験に照らして具体的にいえば、被験者の終止音反応の確信が低かったりあるいは2度の実験を通じて反応終止音高が変化したりする場合は、その入力音高列が優先度の高いルールで処理しきれない構造を持っている、すなわち聴き手のスキーマに適合しない特徴を持っている、ということである。

一般的仮定 4: 各ルールが発動されるための条件は、入力音高列の構成音の間の相対的音高関係構造、すなわち刺激の音程構造によって定まる。

人間のメロディ知覚はスキーマ依存的であるとはいえず、入力音高列の刺激構造には強く束縛される。そして、その刺激構造とは、音高列の各音の絶対的音高には関係せず、各音の間の相対的音高関係(音程関係)で定まるパターン(ゲシュタルト)によって規定される構造である。例えば、本研究の洋楽熟達者は絶対音感の所有者であったが、その終止音反応は入力音高列の音程遷移構造によって規定されており、各音高列の絶対的音高が変わってもほとんど影響されることはなかった。このことは、2度の実験(それぞれの実験では各音高列の絶対的音高がランダムに変えられた)の反応結果の間の照合と実験後に得た被験者のプロトコルから確認された。

つぎに、本研究で仮定した“個人的(本研究の場合ある特定の洋楽熟達者個人の)”処理の手続きを述べる。

本研究のモデルでは、音高列が入力されるとまずその

音高列が全音階の枠組みで解釈可能かどうかの判定を行うことにしている。そして、その判定結果に従い、以下の3通りの場合の処理のいずれかが続くことになる。

1. 全音階的解釈が複数可能である場合。この場合は前述した $[E_4 \cdot H_4 \cdot C_5 \#]$ のような音高列が入力された場合であり、この場合のさらなる処理については後に改めて詳しく述べる。

2. 全音階的解釈が1通りしかない場合。この場合は $[C_4 \cdot F_4 \# \cdot A_4]$ のような音高列の場合であり、その可能な1通りの解釈($[fa-si-re]$)がそのまま、入力音高列に対する本モデルの知覚表象(internal representation)となることにした。そして、導出されるべき終止音高としては主音 $[do]$ を仮定した。すなわち、 $[C_4 \cdot F_4 \# \cdot A_4]$ の音高列の場合は絶対音高で $[G 4]$ が導出されるとした。

3. 全音階的解釈が不可能である場合。この場合は例えば $[H_4 \cdot C_4 \cdot C_4 \#]$ のような音高列の場合である。このような音高列が入力された場合、本研究の洋楽熟達者は様々な“ミクロ”な処理ルールを発動させているようであり、音高列中のある音を経過音的に解釈したり無視したりすることで全体としては全音階的(あるいは和声的短旋法や旋律的短旋法などの準全音階的)な枠組みで知覚表象を作ろうとしていることが確認されている(阿部・星野, 1985 b)。しかし、本研究のモデルでは、この3の場合にあたる入力音高列に対するさらなる処理のルールはあえて用意しなかった。それは、この場合に当たる音高列が被験者にとって非常に終止音を導出しにくく、また反応確信度も低い音高列であったからである。

さて、前述したように本研究のモデル化においては、そのシミュレーションの努力を1の場合の処理ルール、すなわち本研究の被験者が複数の可能な全音階的解釈の中のどの解釈にどうやって至るのかについての処理ルールを発見することに集中させた。以下に、その、現段階での仮說的処理ルールを挙げる。これらのルールは FTES 2 の中ではプロダクション(ある条件が満たされた場合にある処理を行う)の形で実現されており、優先度の高い順に並べられている。すなわち、入力音高列は、その刺激構造が上位のプロダクションの条件に適合しない場合にだけ、下位のプロダクションの適用を受けることになる。以下のルールでは、条件の厳しいものほどより優先度の高い位置を占めていることが分かるであろう。

P1: もし入力音高列の中に do , mi , sol の関係として解釈できる3つの音高があるならば、その場合の解釈を知覚表象とし、 do にあたる音高を終止音として導出する。

P2: もし入力音高列の中に la , do , mi の関係として解釈できる3つの音高があるならば、その場合

の解釈を知覚表象とし、la にあたる音高を終止音として導出する。

- P3: もし入力音高列の中に mi, sol の関係として解釈できる2つの音高があるならば、その場合の解釈を知覚表象とし、do にあたる音高を終止音として導出する。
- P4: もし入力音高列の中に do, sol の関係として解釈できる2つの音高があるならば、その場合の解釈を知覚表象とし、do にあたる音高を終止音として導出する。
- P5: もし入力音高列の中に do, mi の関係として解釈できる2つの音高があるならば、その場合の解釈を知覚表象とし、do にあたる音高を終止音として導出する。
- P6: もし入力音高列の中に do として解釈できる音高があるならば、その場合の解釈を知覚表象とし、do にあたる音高を終止音として導出する。
- P7: もし入力音高列の中に sol として解釈できる音高があるならば、その場合の解釈を知覚表象とし、do にあたる音高を終止音として導出する。
- P8: もし入力音高列の中に mi として解釈できる音高があるならば、その場合の解釈を知覚表象とし、do にあたる音高を終止音として導出する。

これらのルールは見たとおり非常に単純なものである。音楽学の用語でいうならば、音高列の中に主音あるいは主和音を構成する音高を見つけ出そうとする、というだけのルールである。しかし、心理学的に言えば、それらは、音高列中の個々の音高を関係づけそれらの間に“まとまり”をもたらすための参照枠 (reference frame) あるいは参照点的音高 (reference tone) (星野, 1985a; 星野・阿部, 1981, 1984; Krumhansl, 1979; Krumhansl & Shepard, 1979) を定めていくルールということになり、“調性的体制化 (tonal organization)” の処理をある程度具体的にしたものといえることができるであろう。

実際の被験者は、それらの“調性的”ルールの他に、旋律線 (contour) に対する処理ルールや終止音とその直前の音との音程関係 (導音音程) に関わる局所的な処理ルールなどを所有していることは、既に知られている (阿部・星野, 1985b; 阿部・星野・山本・杉本, 1985)。しかし、本研究では、それらの他のルールを準備せずに、上述の調性的ルールだけで、はたしてどの程度我々の洋楽熟達者の反応をシミュレートできるものかを確かめてみようとした。それは、調性的処理がメロディ知覚の基礎にある最も基本的な処理 (ひいてはこの終止音導出という課題を遂行するために必要とされる最も重要な処理) なのではないかと考えたためであり、シミュレーション結果からその考えの妥当性を検討してみたかった

からである。

なお、上述した8つのプロダクションそれぞれの具体的内容と優先順位は、本研究の洋楽熟達者個人の反応特徴から定められたものであり、多くの人に共通する一般的な性格のものとはいえない。例えば、本研究の被験者の場合には、終止音を主音と同じ音高とし、かつその音高を刺激音高列中に存在する音高の中から選ぶとする傾向が強いとか、同じく全音階的ではあっても短三和音よりも長三和音をその手がかりとして用いやすい、などの個人的な処理の特徴があり、それらの特徴が上述のプロダクションの内容や優先順位に反映されている。したがって、同じく洋楽の熟達者ではあったとしても他の被験者の場合には、全音階の枠組みに基づく調性的処理が基本になることは変わらないとしても、プロダクションの音高変数の内容が異なるとか優先順位が変わるなどの形で、モデルは変更されなければならないであろう。このことは、他の洋楽熟達者との終止音導出反応のデータの比較から既に確かめられている (阿部他, 1985)。また、我々が調べたある邦楽熟達者の場合には、全音階に基づく調性的処理と伝統的日本音階に基づく調性的処理とがともに認められた (阿部・星野, 1985b) ため、そのモデル化においては、プロダクションの数と内容が洋楽熟達者の場合に比べかなり変化することになるであろう。本研究のモデルでは、このような個人毎に変わる部分が、人間のメロディ処理における個人的特徴をあらわす部分ということになる。

FTES 2 プログラムとその実行

FTES 2 はプロダクション・システム APSH (Adaptive Production System—Hokkaido University) の上に実現されている。APSH については桃内・小林・本宮 (1983)、阿部・桃内・小林 (1982) を参照されたい。FTES 2 は約 20 個のプログラム・モジュールから成っており、その内のいくつかはプロダクションの集合となっている。なお、FTES 2 の全プログラムリストは阿部・山本 (1986) に載っている。

FTES 2 プログラムはモジュール“GO”を発動させることで動き始め、呼び出されたモジュールがその内部に書かれている別なモジュールを呼び出すという形で、順次実行されていく。

FTES 2 の実行例を Fig. 1 に示す。FTES 2 は始動の後、3 音高列の入力を待つ状態となる。入力可能な音高は、前述したように C, C#, D, ..., A'#, H', C' までの2オクターブ間にある 25 音高であり、それらの音高内であればどのような3音高の組合せ列も受け入れられる。ただし、入力された3音高列全体の音高範囲が1オクターブを超えた場合 (例えば、[C-C'-E'] などの場合)、FTES 2 は再入力を促すことになる。

Fig.1 の(a) には [E-H-C' #] と入力された場合の実行例が示されている。

FTES 2 はまず、入力された3音音高列の第1音と第2音との間、および第2音と第3音との間の高程差を、半音を単位としてそれぞれ算定し出力する。Fig.1 の実行例(a) の入力音高列 [E-H-C' #] の場合は、それぞれ +7 (上行完全5度) と +2 (上行長2度) である(以後、3音音高列を [+7, +2] のように音程遷移で記す場合もある)。FTES 2 はその後、入力された3音音高列が全音階の枠組みの下で解釈可能かどうかを算定し、可能な解釈を全て出力する。例えば実行例(a) の

入力音高列 [+7, +2] は、前述の“1. 全音階的解釈が複数可能である場合”にあたり、Fig.1(a) に出力されているように数多くの全音階的解釈が可能である。FTES 2 は、続いてこの1の場合のさらなる処理ルール、すなわち前述のプロダクション群の適用を受ける。この音高列の場合は P3 (Fig.1(a) では P3 は PR 24 となっている) の条件に適合するため、[sol-re-mi] の解釈を選択し、終止音として [do] すなわち絶対音高で [A] を出力する。

Fig.1 の実行例(b) には [G-G #H] と入力された場合の出力が示されている。この場合は、前述の“3.

実行例 (a)

```
GO;

INPUT TONE-SEQUENCE
POSSIBLE TONES ARE;
C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, H,
C', C'#, D', D'#, E', F', F'#, G', G'#, A', A'#, H', C''

INPUT " ? ? ? ; "
E H C' #;                                     < ----- 3音音高列入力

** INPUT TONE-SEQUENCE IS [ E H C' # ] **

**SEMITONE INTERVAL BETWEEN TONE 1 AND TONE 2 IS 7 **
**SEMITONE INTERVAL BETWEEN TONE 2 AND TONE 3 IS 2 **
** 1 ST DEGREE IS PERFECT 5TH **
** 2 ND DEGREE IS MAJOR 2ND **
** DIATONICSCALE --- DO SOL LA **
** DIATONICSCALE --- RE LA SI **
** DIATONICSCALE --- FA DO RE **
** DIATONICSCALE --- SOL RE MI **
** HARMONICMINORSCALE --- RE LA SI **
** HARMONICMINORSCALE --- FA DO RE **
** MELODICMINORSCALE --- LA MI FA# **
** MELODICMINORSCALE --- SI FA# SOL# **
** MELODICMINORSCALE --- RE LA SI **

** PR 24 WAS FIRED **

** INCOMING TONE-SEQUENCE WAS RECOGNIZED AS [ SOL RE MI --> DO ] **

** FINAL DEGREE -4 **
** E H C' # **

OUTPUT
** FINAL TONE IS [ A ] **                     < ----- 終止音出力
```

実行例 (b)

```
GO;

INPUT TONE-SEQUENCE
POSSIBLE TONES ARE;
C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, H,
C', C'#, D', D'#, E', F', F'#, G', G'#, A', A'#, H', C''

INPUT " ? ? ? ; "
G G# H;                                     < ----- 3音音高列入力

** INPUT TONE-SEQUENCE IS [ G G# H ] **

**SEMITONE INTERVAL BETWEEN TONE 1 AND TONE 2 IS 1 **
**SEMITONE INTERVAL BETWEEN TONE 2 AND TONE 3 IS 3 **
** 1 ST DEGREE IS MINOR 2ND **
** 2 ND DEGREE IS MINOR 3RD **
** HARMONICMINORSCALE --- MI FA SOL# **
** HARMONICMINORSCALE --- SOL# LA DO **
** MELODICMINORSCALE --- SOL# LA DO **

** NO RULE WAS FIRED **
** G G# H **                                < ----- 終止音出力なし
```

Fig.1. FTES 2 の実行例。

Table 1
全 469 種の刺激音高列の刺激構造別に見たモデルの反応の適合率

刺 激 構 造		被験者の反応と FTES 2 の反応 が一致した音高列数 (一致率)	
全音階的に可能な解釈“数”	刺激音高列数		
“8”	7	7	(1.000)
“6”	24	21	(.875)
“5”	42	30	(.714)
“4”	60	27	(.450)
“3”	78	59	(.756)
“2”	108	66	(.611)
“1”	90	59	(.656)
小 計		269	(.658)
“0”	60	0	(.000)
総 計		269	(.574)

全音階的解釈が不可能な場合”にあたり、FTES 2 はこの入力音高列を解釈できるルールを持っておらず、したがって終止音も出力できない。このことを擬人的に言えば、FTES 2 はこのような入力音高列をメロディとしては容認できず、したがって“適当な”終止音を見つけることもできない、ということになる。実際、本研究の洋楽熟達者も、この種の音高列に対しては確信度の高い終止音反応ができていなかった。

シミュレーションの結果と被験者の反応との比較

FTES 2 の出力と洋楽熟達者の実際の反応とを照らし合わせてみた結果を Table 1 に示す。被験者の反応としては、2 度行った実験のうちの最初の実験の結果を採用した。Table 1 には、全入力音高列 469 種に対する FTES 2 の反応と被験者の反応との一致率を、阿部・星野 (1985 b) の分析と同様に、刺激構造別に整理してある。刺激構造とは、入力音高列の 3 音全てが全音階（長旋法あるいは自然的短旋法）の構成音として解釈できるか否かの点からみた構造である。例えば、[+7, +2] の入力音高列は、前述したように全音階的解釈として“4”通りが可能であり、[+1, +1] などの音高列は全音階的解釈が不可能、すなわち“0”通り可能である。このようなそれぞれの可能な解釈数を持つ入力音高列の数が、Table 1 の刺激構造の列に示されている。当然、可能な解釈数の多い入力音高列ほど、潜在的には何れかの全音階的解釈を受け易い構造をもった音高列ということになる。

FTES 2 の出力と被験者の反応との一致率は、可能な解釈数が“4”の場合を除き、解釈数の多さに比例して増大する傾向が窺える。これは、解釈数の多い音高列ほどその内部にもつ音程の種類が少なく（例えば“8”の

音高列とは [0, 0] などである）、そのような音高列ほど被験者の解釈が一義的に定まりやすいことによるのかもしれない。解釈数が“4”の場合の入力音高列には長 6 度あるいは短 3 度の音程が存在している場合が多いが、本研究の洋楽熟達者はそれらの音程を、[sol] と [mi] あるいは [mi] と [sol] と解釈する場合の他に、[do] と [la] あるいは [la] と [do] のようにどちらかの音高を [do] として解釈する場合も多かった。FTES 2 では、このような音程の多くは前述のプロダクションの中の P 3 の適用を受けるため、[sol] および [mi] と解釈されてしまう。可能な解釈数が“4”の場合の一致率の低さには、この点での処理の違いによってもたらされた部分もあると考えられる。なお、前述の 8 つのプロダクションの優先順位を入れ換えても、“4”の場合の一致率だけを上げることはできるが、全体の一致率の向上にはつながらないことが確かめられている。

FTES 2 のシミュレーション結果と実際の被験者の反応との一致率は、Table 1 に示されているように全体で .574 (=269/469) であった。しかし、全音階的に可能な解釈数が“0”の音高列 60 種は前々節で述べた 3 の場合にあたる入力音高列であり、FTES 2 ではこれらを入力音高列に対しては初めから終止音を出力しないことにしてある。したがって、一致率は .658 (=269/409) というべきかもしれない。いずれにせよ、FTES 2 は、旋律線に対する処理ルールやあるいは導音に関連する終止音導出の局所的ルールなどを備えていなくても、洋楽熟達者の終止音反応の約 6 割を予言できたことになる。この結果は、本研究の洋楽熟達者が終止音を導出するためになしている最も基本的な処理が調性決定のそれであることを確認するものといってもよいであろう。

モデルの限界と今後の課題

FTES 2 は、調性決定のルールだけで、本研究の洋楽熟達者の終止音導出行為をかなり良くシミュレートできたといえるであろう。しかしながら、いうまでもなく、人間の一般的なメロディ知覚の過程を説明するモデルとしては、はるかに単純に過ぎる。ここで、FTES 2 の限界を指摘しておくことで、今後のモデルの拡張方向を考える一助にしたい。

まず、本研究のモデル化における第一の限定は、入力メロディがわずか 3 音からしかなくなっているという点にある。我々が日常耳にするメロディは 3 音よりもはるかに長い音高列からなっている。そのような長い音高列を処理するためには、モデルにどのような処理能力が付加されなければならないであろうか。FTES 2 がより長い音高列を現在のルールのままで処理することは、本質的には可能である。しかし、その場合には、モデルはどのような入力音高列に対してもごく単純な調性的処理しか施せないことになる。モデルを、人間のように、各音高列のもつ様々な構造的特徴を多面的に把握し、それらの違いをより細かく識別できるようにするためには、調性的な処理のルールの他に、旋律線を処理するルールや音高列の背後にある和声変化を設定するルール、あるいはまたフレーズやそれ以上の単位で構造化を進める処理のルール、なども付加しなければならないであろう。

また、入力音高列が 3 音しかないことに関連するモデルの限界として、FTES 2 が拍子やリズムを処理するルールをもっていないという点も挙げておかなければならない。メロディを構造的に把握する際には拍子やリズムに基づいた群化 (grouping) の処理が、調性や旋律線の特徴に基づく処理とともに相互作用的に働いていることは指摘されているところである (Lerdahl & Jackendoff, 1983; Steedman, 1977)。モデルが受け入れなければならない入力音高列の長さやとり得る音価の自由度が増すにつれ、この拍子やリズムに関する処理の必要性が増すことはいうまでもないことであろう。

さらに、現在 FTES 2 が採用している処理手順の中にも心理学的に疑問のある部分が存在する。それは、FTES 2 が、入力された音高列に可能な全ての全音階的解釈を算定し尽くし、その後でこれらの中から 1 つの解釈を選択する、としている部分である。実際の人間のメロディ処理においては、全音階的に可能な解釈の結果を処理の途中で全て算出しているとは考え難く、むしろ、処理の最終的な段階で初めてある 1 つの全音階的解釈だけが生じてくる、とする考えの方が妥当であろう。この考えの精緻化 (例えば、阿部他, 1985; 星野, 1985 b)

とその動的モデルの実現、さらにはその心理学的妥当性の検証、などが差し当たっての継続的研究課題といえるであろう。

引用文献

- 阿部純一・星野悦子 1985 a 音楽の認知心理学的研究について 心理学評論, 28, 179-190.
 阿部純一・星野悦子 1985 b メロディ認知におけるスキーマ依存性について——音楽熟達者による終止音導出実験—— 基礎心理学研究, 4, 1-9.
 阿部純一・星野悦子・山本理浩・杉本敏子 1985 メロディ認知における個人差について 日本認知科学会第 2 回大会発表論文集, 19-20.
 阿部純一・桃内佳雄・小林 茂 1982 適応プロダクションシステム APSH の使用技法 *Hokkaido Behavioral Science Report, Series T (Supplement)*, No. 6.
 阿部純一・山本理浩 1986 終止音導出行為のコンピュータ・シミュレーション 阿部純一(編) 昭和 59-60 年度科学研究費補助金(試験研究 2) 研究成果報告書, 北海道大学文学部 Pp. 45-57.
 星野悦子 1985 a 単一音高の記憶に及ぼすメロディ“文脈性”の影響 心理学研究, 56, 132-137.
 星野悦子 1985 b 日本人の“bimusicality”モデルについて 日本心理学会第 49 回大会発表論文集, 382.
 星野悦子・阿部純一 1981 メロディ認知における“調性感”と“パターンのまとまり性” *Hokkaido Behavioral Science Report, Series P (Supplement)*, No. 23.
 星野悦子・阿部純一 1984 メロディ認知における“調性感”と終止音導出 心理学研究, 54, 344-350.
 Krumhansl, C. L. 1979 The psychological representation of musical pitch in a tonal context. *Cognitive Psychology*, 11, 346-374.
 Krumhansl, C. L., & Shepard, R. N. 1979 Quantification of the hierarchy of tonal functions within a diatonic context. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 579-594.
 Lerdahl, F., & Jackendoff, R. 1983 *A generative theory of tonal music*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
 桃内佳雄・小林 茂・宮本衛市 1983 プロダクションメモリのモジュール構造化機能をもつ適応プロダクションシステム 情報処理学会論文誌, 24, 812-820.
 Steedman, M. J. 1977 The perception of musical rhythm and metre. *Perception*, 6, 555-569.