

ユーフォニアムにおける微分音の研究 — 微分音・4分音スケールの開発 —

山本裕之* 小寺香奈**

Hiroyuki YAMAMOTO and Kana KOTERA

A Development of the Microtone and Quartertone Scales in Euphonium

1. はじめに

1920年代にC.アイヴズ、A.ハーバラによって実践された4分音などの微分音¹⁾は、その後のヨーロッパ音楽において現代的奏法の中でも重要項目として扱われてきた。彼らが微分音に挑戦した当時のヨーロッパは平均律(12等分平均律)の概念が席卷して既に久しい。かつてのヨーロッパで長期にわたって繰り広げられてきた音律論争において、それぞれの音律の間に存在した非常に小さなピッチ(音高)の差は、19世紀という様々な調性を用いた時代の要請に応じて12等分平均律という画期的な妥協案に収められた。西洋音楽文化の外にある各民族音楽の音律を除外して考えれば、微分音とはいったん世界標準として目盛りが敷かれた平均律からあらためて外れたピッチ、または音程のことを指す。

とはいえ、オルガンのように一度調律したらそうたやすくは調律が崩れないような楽器はわずかであり、それどころか多くの楽器では奏者がその場で随時楽器のピッチをコントロールしながら演奏する。19世紀に作られたキーをたくさん持つ木管楽器や、H. シュトルツェルなどが発明したヴァルヴをもつ金管楽器群²⁾は、それ以前の楽器に比べて格段に多くのピッチを安定させながら自在に鳴らせるように設計されている。が、その中で

奏者はさらに楽器の精度と共に自らの耳と発音テクニックによって出来るだけ「正しい」ピッチを作り出そうと技術を磨いた。しかし実際の演奏では厳格に正しく、19世紀以降の「半音階の分かりやすい知的モデル」³⁾である平均律に即した音律で演奏されるわけではない。音楽のイントネーションに合わせて、あるいは奏者や楽器自体のコンディションに即して、平均律から大きく外れないピッチを作りながら演奏されるのが常である。したがって、例えばある音が僅かに数セントの単位⁴⁾で平均律からずれたからといってもそれは「ある音」の範囲を越えず、微分音の概念で語られるわけではない。

つまりこれらのような木・金管楽器は、音楽的内容に即して随時平均律から逸脱して演奏されることを前提としながらも、平均律を原則として作られている。したがって、そのような楽器であえて微分音を作り出すことは矛盾であるが、楽器の構造上は不可能ではない。すなわち、楽器はどのように作られてはいないが不可能ではないのである。

20世紀後半になって微分音が作品の中で頻繁に使われ始めると、各楽器の現代奏法を解説する書物には必ずといってよいほど微分音の運指表が掲載されるようになった⁵⁾。特に木管楽器の書物

では多くのキーの組み合わせによって膨大な微分音の可能性が提示されている。金管楽器においては、楽器の機構上木管楽器のように膨大な微分音が作り出せるわけではないが、それでも実用的な量は作り出せる。しかしそのための資料が木管楽器ほど多いわけではない。そこで本稿では、金管楽器の中でも特に現代奏法に関する資料がほとんど書かれていないユーフォニアムにおいて、これまで存在しなかったこの楽器のための汎用的な微分音スケールを提示することを目的とした。

2. 内容と方法

ユーフォニアムで微分音を作り出す方法は、大きく分けてベンディングを応用する方法とヴァルヴの組み合わせを用いる方法の二通りが考えられる。ベンディングはヴァルヴを操作せずにアンブシュアだけでピッチを「曲げる」技術であり、曲げた状態を固定することにより非平均律的なピッチを発生させることが可能である。しかしこの方法ではピッチが安定しにくいことに加えて、「曲げる」前と後のピッチの間ではヴァルヴ操作をしないためスラー奏法が不可能だという致命的な欠点がある。

一方ヴァルヴを組み合わせる方法では、通常のヴァルヴ操作によるピッチ作りから導き出されるのと同じ音楽表現が可能である。したがって本研究ではできるだけ安定した微分音を発生させるために、ヴァルヴの組み合わせのみで微分音を作り出す可能性を考えた。

ヴァルヴを持つ金管楽器のピッチは、ヴァルヴの組み合わせによる管長の切り替えと、息の速さのコントロールによって作り出す倍音との組み合わせで決定される。ヴァルヴだけに関していえば、

たとえば第2ヴァルヴを押すとまったく押さない状態よりピッチが短2度低く、第1ヴァルヴを押すと長2度低くなる。この二つのヴァルヴを同時に押すと短2度+長2度の合計短3度低いピッチが得られる。これとは別に第3ヴァルヴのみでも短3度低いピッチとなる。ところが第1,2ヴァルヴによる短3度と第3ヴァルヴの短3度は厳密にいうと同じ短3度にはならない。これは各ヴァルヴを単体で押した場合には平均律の計算に基づいてそれぞれ管長が6%の割合で長くなるように設計されているこのような楽器において、第1,2ヴァルヴを同時に押した場合の管長（まったく押さない場合を100とすると118.36の長さ）が第3ヴァルヴを単体で押した管長（同119.1）と同一ではないという構造的な必然性によるものである⁶⁾。これに加えて倍音は高ければ高いほど平均律から外れる割合が多くなる。これらヴァルヴの誤差と倍音列の組み合わせによって、平均律からずれた多くの微分音が作られ得る。なおユーフォニアムにおいては補正ピッチシステム（Compensating System）が備わっている⁷⁾。これは上記のような理由で生じたピッチの誤差を、さらに第4ヴァルヴを同時に押すことによって空気が短い迂回管を通る仕組みでもって、自動的にピッチが補正されるというものである。つまりこの補正ピッチシステムは平均律的に正しいピッチを作り出そうとするときに効力を発揮するものであるが、使い方によっては微分音を作り出す機構ともなり得る。

以上の原理から、計算のみによってそれぞれのピッチを割り出すことが理論上可能であるが、実際には様々な物理的理由などによって、計算だけでは割り切れない結果となるのが現実である。そこで本稿では、ヴァルヴと倍音の考えられる限り

の組み合わせを実際に楽器を鳴らして測定し、その結果から微分音にあたるピッチを抽出し、それを順に並べたものを実用的な微分音スケールとした。さらに高くも低くも狙える指使いに関しては、再測定して微分音の可能性をより拡げた。

なおユーフォニアムはメーカーや型番による構造的差異は少ないが、どの楽器も厳密に同じ設計というわけではなく、また他の管楽器同様に発展途上の楽器である。設計上の少しの違いが楽器ごとの採取データにいくらかの差異を発生させる。このことを考慮したうえで、現時点で複数の楽器において通用する微分音のスケールを考える必要がある。そこで、微分音を計測するための楽器は現在市場に流通しているプロフェッショナル仕様のユーフォニアムを販売しているメーカー三社の製品の中から二種類を使用した。また計測にはKORGのAT-12を用いた。

3. ピッチデータ採取と分析

ピッチデータの採取に際しては、A社とB社からそれぞれ1本ずつの楽器を用いて同一の奏者によるデータを採った。

データの採取方法は次の通りである。まずすべてのヴァルヴの組み合わせに出しうる倍音（第1～11倍音）を組み合わせで理論上得られる全てのピッチを列挙する。次にそれらを実際に各楽器で鳴らしてチューナーで測定する。チューナーでは5セント単位で平均律からの誤差を記録する。

この方法を元に、次の2種類のスケールを作った。まずそれぞれの楽器で得られたデータのうち、どの楽器でも似たような誤差を生じさせるヴァルヴと倍音の組み合わせを選び出し、ピッチ順に並べ替えて微分音スケールを作った（実験A）。次

に微分音スケールによって得られる一部のピッチを意図的に調整して発音し、4分音スケールに作り直した（実験B）。

実験A

微分音スケールを作成する上では、以下の条件を設定して微分音を分類することにした。

・二つの楽器の差が15セント以内のものを「似たような結果」として有効とする。

そのうえで、

(イ) 一方の値が±15セント以上の時、もう一方が±15～40セントの場合（ただし一方が+のときはもう一方も+、あるいは両方とも-とする）、平均律値よりわずかに高い/低い微分音とする。 [=わずかな微分音]

(ロ) 両方の値が±30セント（両方とも+、もしくは-）以上の場合は「4分の1音」とする。 [=4分音]

(ハ) それ以外のもののうち、ともに15セント以内のものを平均律に則したピッチとする。 [=平均律ピッチ]

4分音は半音の半分であり、微分音の概念として理解しやすいためか、現代においてその使用頻度はかなり高い。それに対して3分の1音という微分音などもあるが、使用例は4分音ほど多くはないのでここでは考慮しないこととする。また55セント以上については、やはり現代音楽でよく表記される4分の3音とは分類せず、それより半音上/下に近似する微分音とする。

〈図1〉は、実験対象のすべてのピッチに対する誤差を表している。グラフ下のテーブルの数値

は、上からヴァルヴ番号、倍音値、基本となるピッチの音名、そして二つの楽器(Willson製TA2900〔楽器A〕とヤマハ製YEP842〔楽器B〕)の測定値(セント)である。この測定値は平均律からの誤差を表している。なお日本音名「一点ハ」は「c1」である。

結果 A

〈図1〉の結果から、二つの楽器間のデータの差が大きい部分は取り除き、残りのデータを上記の条件に当てはめて〔平均律ピッチ〕〔わずかな微分音〕〔4分音〕の三種類に分類し、低い方から五線上に並べた。ただしここで〔平均律ピッチ〕について考慮しなければならないことは、通常用いられてきた指使い(ヴァルヴ)であっても、測定値は必ずしも平均律上の0セントにはならない場合があるということである(例えば、g#は通常〔1〕を用いるが、楽器Bでは-20セントとなっている)。これは楽器の「癖」というものであって、奏者はそのことを知った上で演奏するときアンブシュアで微調整する習慣がある。平均律のピッチにおいてはこのような微調整は常識的な操作であり、実際に演奏するときには正しいピッチが得られるという前提がある。したがってそのような調整なしに得た今回の数値において、少なくとも平均律のピッチについては通常の指使いを当てはめて考えることにした。そしてそれ以外の指使いで得られた微分音ピッチに関しては数値をそのまま用いることとした。

以上の結果をピッチの低い音から順に譜面に表したものが〈譜例1〉であり、本稿で提示する微分音スケールである。

実験 B

結果Aに示した微分音スケールには、4分音までには至らない微細な微分音が含まれ、なおかつ4分音は必ずしも各半音の間にまんべんなく含まれているわけではない。いわば〈譜例1〉は不均等な微分音スケールとなっている。ところが微分音のうち作曲上で実際に最もよく使われるのは前述したとおり4分音である。ではユーフォニウムでは4分音を作曲家の望むほど十分に作り出すことはできないのだろうか。たとえ平均律上の音であっても、〈図1〉のようにすべての音が必ずしも0セントの位置に来るわけではなく、奏者はその場に応じてアンブシュアでこの「狂い」を微調整しながら演奏する。だとすれば同じ要領で〈譜例1〉のなかで4分音に近い微分音を微調整すれば4分音を作り出せる可能性がある。そこで、まずすでに4分音と確定しているものを除いた微分音のピッチを選び出し、その中から「4分音に近い」微分音を抽出した(同時に4分音から遠い微分音を削除する)。そして、どちらの楽器でも4分音の条件に当てはまるピッチ(すなわち実験Aにおける条件(口))を作り出せるかどうかを再測定した。この際に、実用に耐えうる4分音を探るために「無理なく微調整できること」「ほとんど音色が変わらないこと」を条件とした。その結果として、微調整の対象とするピッチと再測定の結果を〈図2〉に示す。

結果 B

〈図2〉の結果から、実験Aにおける〔4分音〕の条件に当てはまらないもの(〈図2〉のうち「×」と記してあるもの)を除外し、4分音として用いることが出来るピッチを確定した。これらのピッチ

を〈譜例1〉で挙げた「平均律ピッチ」と「4分音」（すなわち「わずかな微分音」を除いた残りのピッチ）とともに組み合わせた。

以上の結果、ユーフォニアムにおける12等分平均律ならびに4分音を集めたピッチを低い音から順に譜面に表したものが〈譜例2〉であり、本稿で提示する4分音スケールである。

〈譜例2〉は〈譜例1〉と比べて4分音が増え、4分音単位でのより均一なスケールとなっている。ただアンブシュアの調整によっても作り出せない4分音があり、たとえば一般的なプロフェッショナルの楽曲においてよく使われる音域（Bb1からbb1の3オクターヴ内）での4分音充足率（理論上すべての半音の間に出来る4分音の中で、実際に作り出せた4分音の割合）は75%である。しかし4分音化できないピッチの約半数は低音域に集まっているため、作曲上の致命的な欠点とはほど遠いと考えられる。

なお〈譜例2〉の中で、本来は平均律のピッチの指使いであるのにあえて4分音に再調整してあるピッチが2カ所ある（Dの4分音下〔 \flat 〕と、dの4分音上〔 \sharp 〕、各「*」印で表示）。これらの音（指使い）はもともと平均律上においても「狙い幅」が広くアンブシュアによる調整が必須であるので、4分音に用いても例えば平均律の音と混乱するなどの弊害はあまりないと考えられる。

4. まとめと残された課題

以上のように本稿ではユーフォニアムにおける微分音スケールと4分音スケールを提示することが出来た。微分音スケールは「微細なピッチも含めた詳細な微分音」を提供し、4分音スケールは

「需要の高い微分音スケール」としての役割を持つ。本研究で導き出したこの二つのスケールは、他の木管楽器などと同様に現代音楽において、ユーフォニアムでの微分音の使用をより促す一助となるだろう。このことにより、ユーフォニアムにおいても他の楽器同様により内容的な広がりを持つ作品が生み出される可能性が増えることを筆者達は望んでいる。

ただし、ここに提示した微分音、4分音スケールは、一人の奏者による二つの楽器から得られた数値によるものである。しかし実際には今回使用した以外のメーカーが製作するユーフォニアムもある。今後はこの微分音、4分音スケールを元に、様々なメーカーや型番のユーフォニアムを用いて、多くの奏者から新たなデータを採り、より精査させていく必要があると考えている。

また、いうまでもなくメーカーとしては、平均律的に正確なピッチが出来るだけ安定して出るように楽器を設計して作っているが、微分音については想定していない。微分音は通常はあまり用いない指使いと倍音の組み合わせによって作られるものが多いため、それぞれのピッチを比べた場合に音色的に不統一な場面も出てくる。これは現代の楽器特性として仕方がないことであり、この音色差が数値からだけでは測ることが出来ない微分音の性格に影響を及ぼす可能性は否定できず（例えばある微分音程が、実際の差より大きく感じられる、など）、そのような心理学的な側面からの研究も必要である。

5. 今後の応用

微分音は12等分平均律以外の現代的な音律として幅広く作品に応用できる。その他に、ほぼ同

じピッチ同士をトリルのように奏する「カラートリル」という奏法が可能である。一般的なトリルの多くは2度音程を形成する異なるピッチ同士をヴァルヴ操作で素早く交互に奏するものであるが、微分音程やほぼ同じピッチ同士で異なる指使い（替え指など）を用いれば、タンギングに頼らない独特なトレモロ効果を作り出すことが可能である。カラートリルはすでにほとんどの木、金管楽器においては作品での使用例が多くあり、特に木管楽器ではそれについて解説した資料が充実している。しかし金管楽器においてはそのような資料は少なく、ユーフォニアムにおいてはまったくない。今後はカラートリルの一覧を作り、微分音の応用的な奏法として提示したい。

おわりに

ここに示した微分音スケールは、ゆっくり音を鳴らした場合に得られるであろうピッチを示したものである。しかし実際の楽曲では前後の音やパッセージの速さなどから数値的に安定した音が常に用いられるわけでも、求められるわけでもない。そのうえで作曲家や演奏家は、百年以上にわたって「平均律に慣れてきた」人間の耳に効果的に響くような微分音を用いなければならない。本研究で提示したスケールが、作曲家や演奏家の一助となれば幸いである。

謝辞

本論をまとめるにあたり、研究の過程で補助的なデータの採取に際してご協力いただいたユーフォニアム奏者の原口和子氏、文献をご提供いただいたチューバ奏者の橋本晋哉氏、貴重なご助言を頂いたユーフォニアム奏者の牛渡克之准教授（岩

手大学）に深く感謝を申し上げます。

一注一

- 1) Walter Gieseler 『20世紀の作曲』 佐野光司訳、音楽之友社、1988年、39頁
- 2) Anthony Baines 『金管楽器とその歴史』 福井一訳、音楽之友社、1991年、219-220頁
- 3) 『ニューグローヴ世界音楽大事典・日本語版』 Mark Lindley, Paul Griffiths, 中村俊一訳、講談社、第14巻、1994年、216-217頁
- 4) 12平均律における数値化された音程の単位。1オクターヴは1200セント、全音は200セント、半音は100セントとなる。
- 5) 例えば以下の書物は微分音を含む現代奏法の解説書として多くの演奏家や作曲家から支持を得ている：Peter Veale、Claus-Steffen Mahnkopf 『The Techniques of Oboe Playing』 Bärenreiter、1994年。Robert Dick 『The Other Flute: A Performance Manual of Contemporary Techniques』 Multiple Breath Music Co、1989年。Jean-Marie Londeix 『Hello! Mr. Sax』 Editions Musicales Alphons Leduc、1989年。
- 6) Anthony Baines、前掲書2、229-231頁
- 7) ヴァルヴと管長の関係および補正ピッチシステムについては、ユーフォニアム奏者である David Werden がウェブで公開している論文 『The Four-Valve Compensating System』 (<http://www.dwerden.com/comp/compensating.asp>) に詳しい。

参考文献

安藤由典『新版 楽器の音響学』音楽之友社、1996

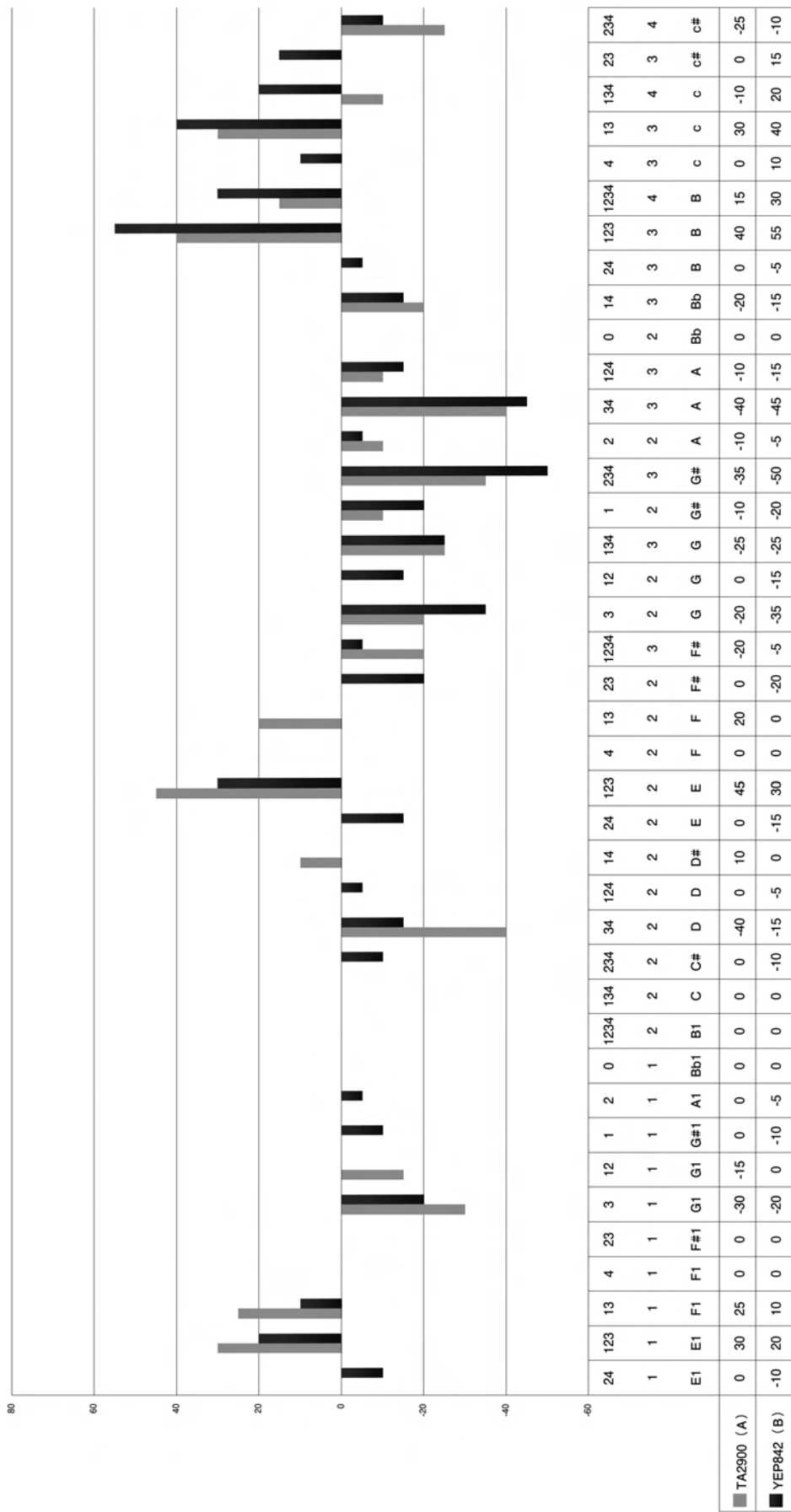
年

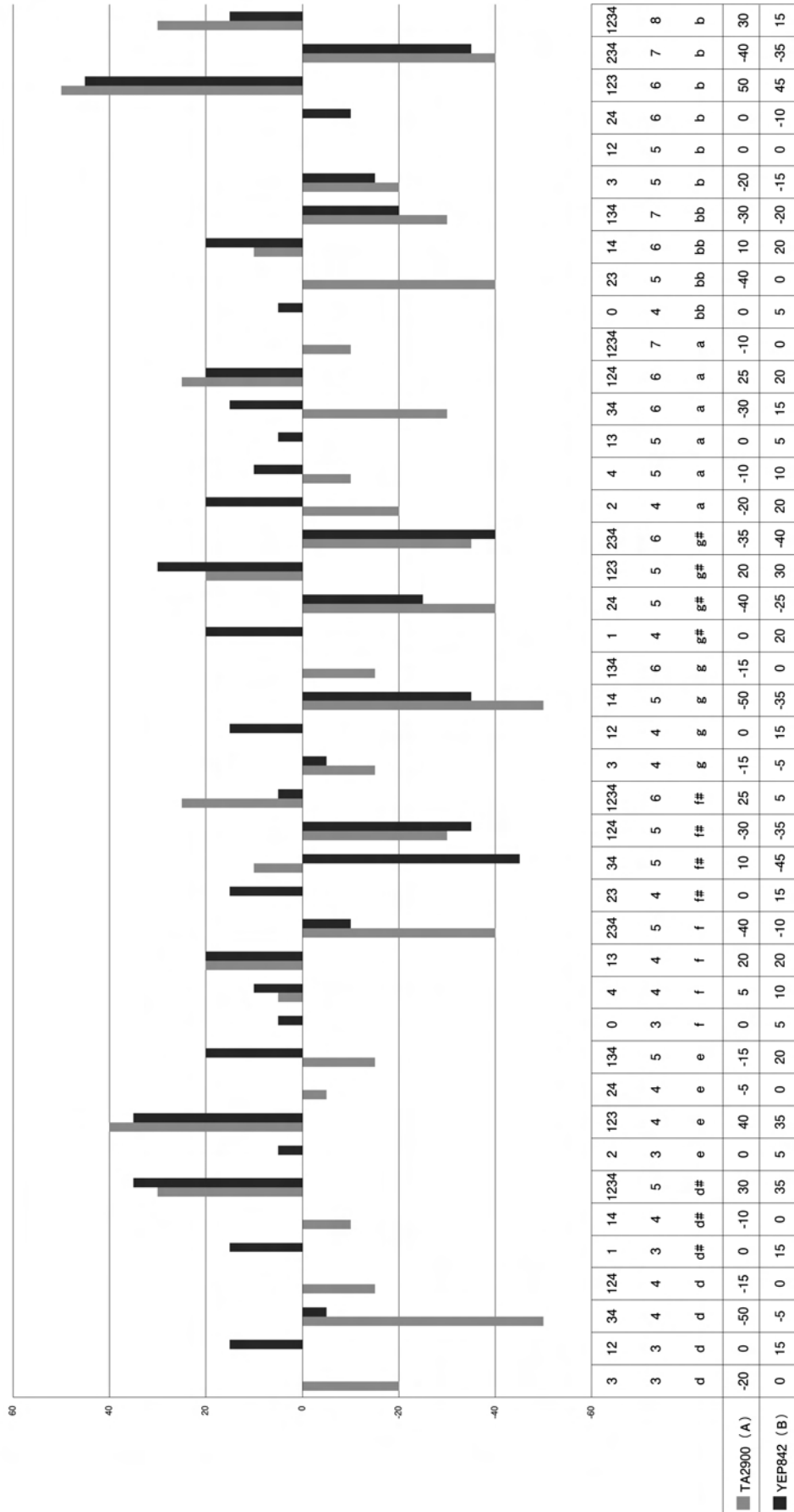
Herbert Kellertat『音律について 上巻-バッハ

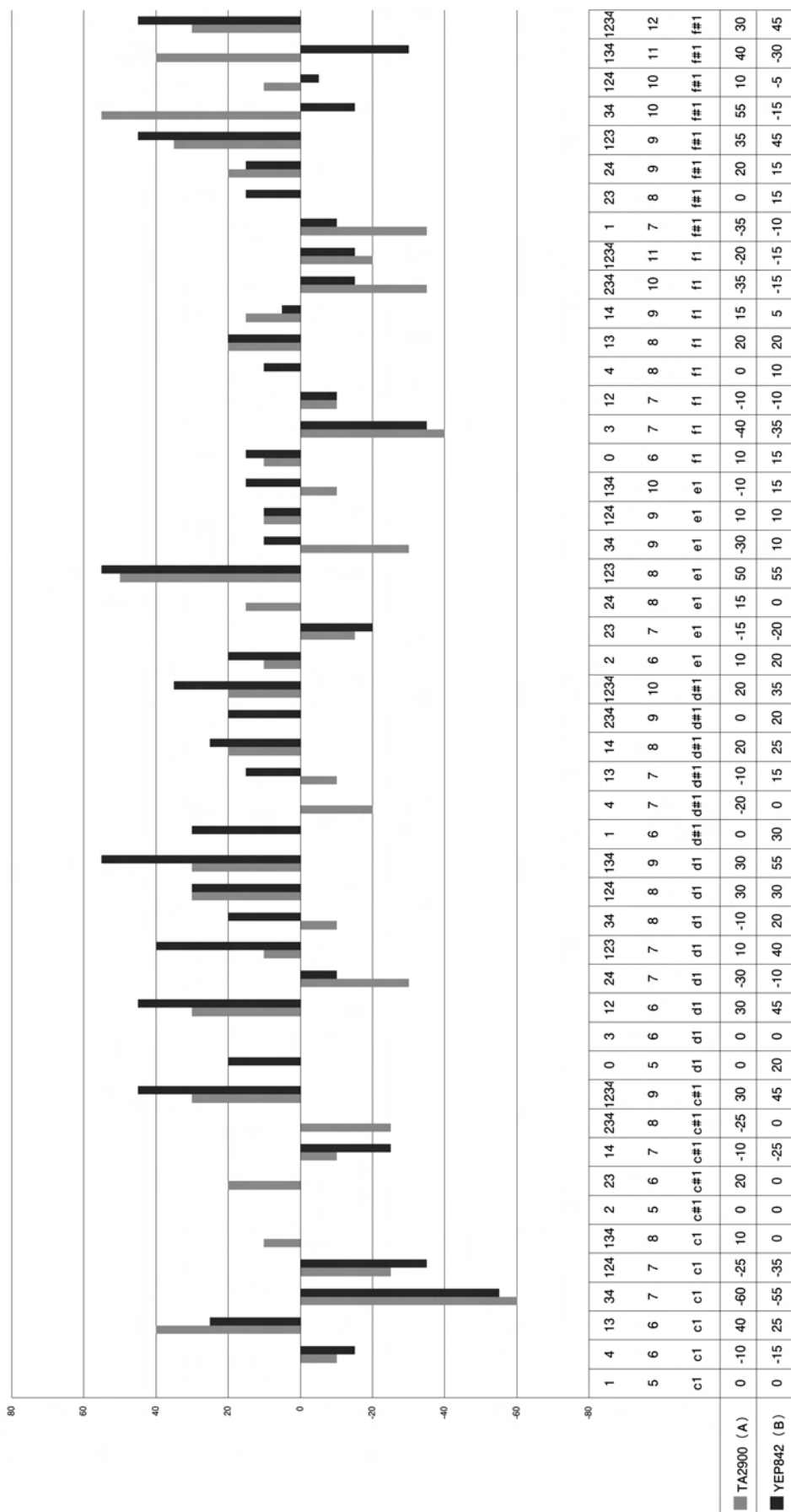
とその時代-』竹内ふみ子訳、シンフォニア、

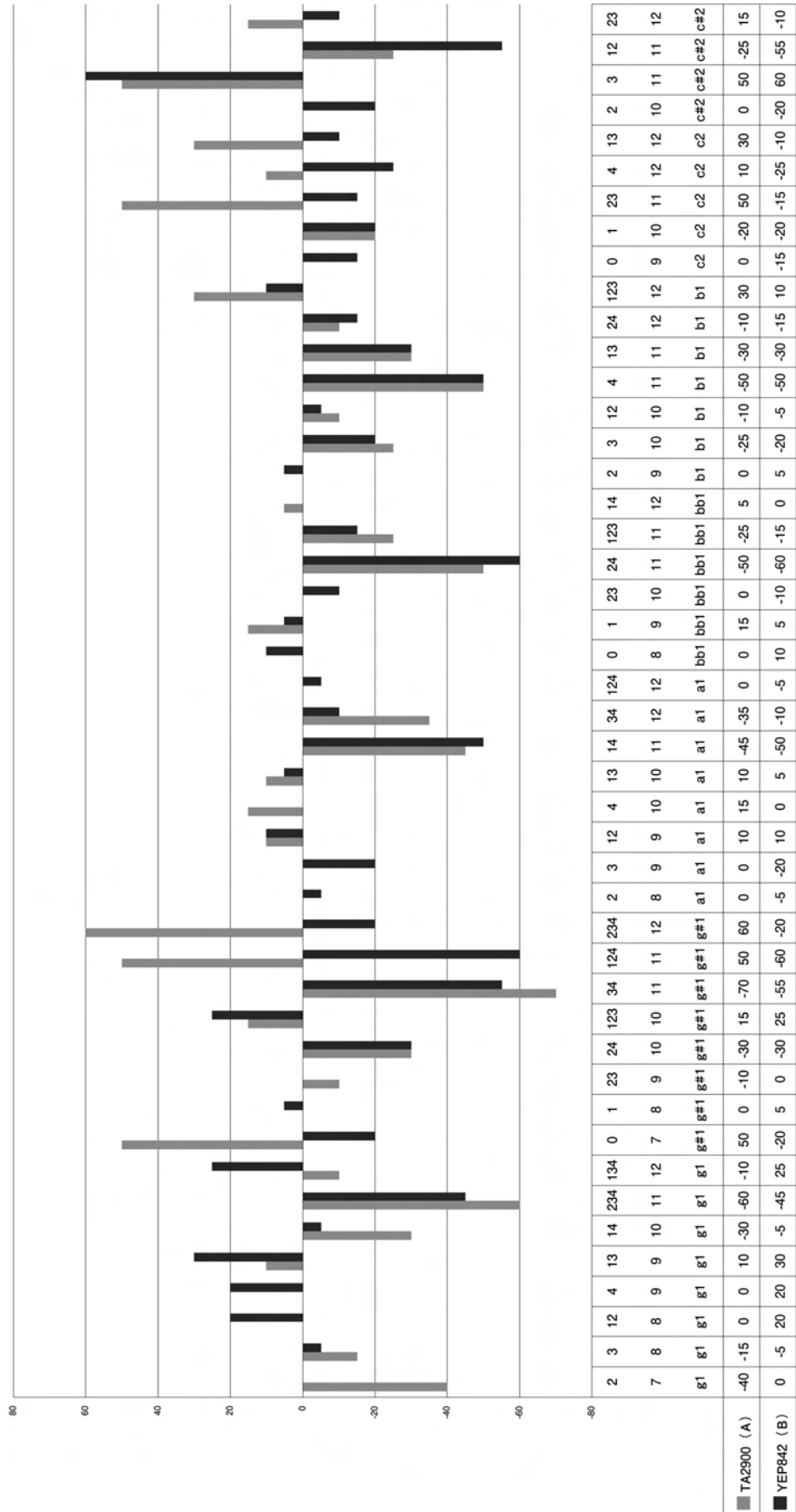
1990年

〈図1〉 ユーフォニアムにおけるピッチ誤差









〈譜例 1〉 ユーフォニアムにおける微分音スケール

24 4 23 3 12 1 2 0 1234 134

234 124 14 24 123 4 23 3 12 234
34 134

1 34 2 14 0 24 1234 123 4 13
124

23 12 1 1234 2 123 0 13 23 14
3 14 24 4 124

12 234 24 1 123 2 124 134 0 234
3 134 13 1234

3 12 1234 34 4 1 13 2 1234 0
24 124 134

12 1 14 23 2 3 1234 0 13 23
124 1234 (24) 123 4 12 (14)

24 234 12 24 1 123 14 2 24 123
123 34 23 12 13 124
1234 (4)

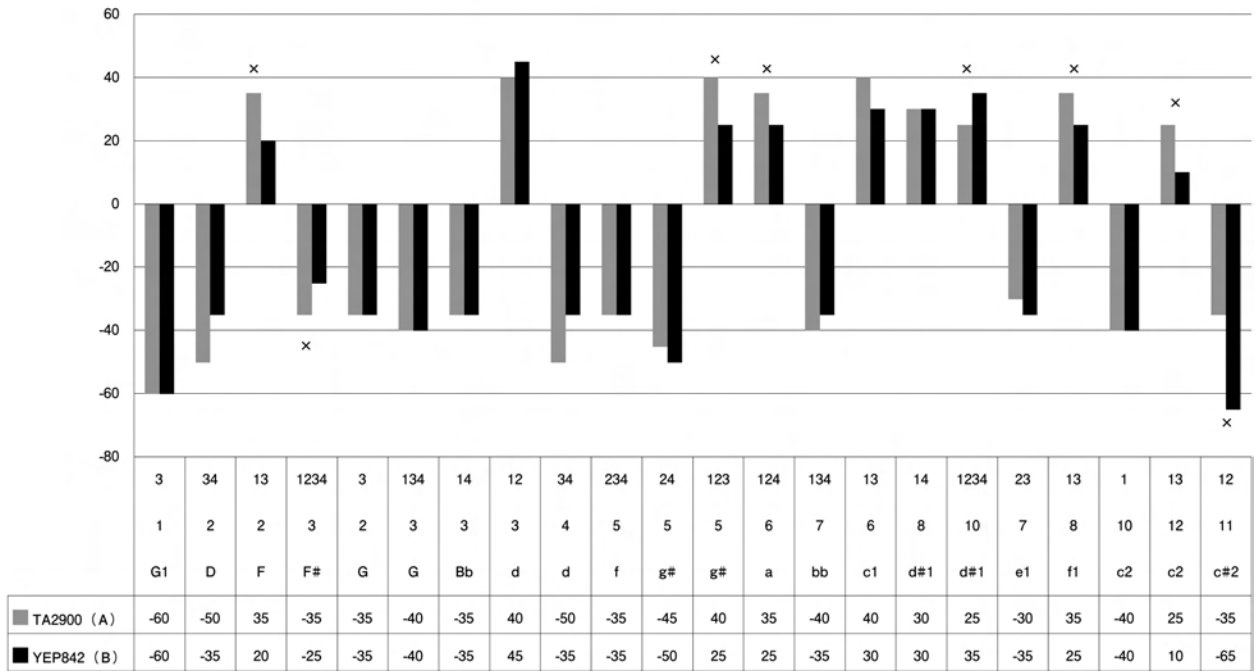
0 4 3 2 1 0 2 3
23 13 12 1
14 (24) (1)

微分音の記号

♭: 本位記号よりわずかに高い微分音 ♯: 嬰記号よりわずかに高い微分音 ♮: 変記号よりわずかに高い微分音
 ♮: 本位記号よりわずかに低い微分音 ♭: 嬰記号よりわずかに低い微分音 ♮: 変記号よりわずかに低い微分音
 ♯: 本位記号より4分の1音高い微分音 ♮: 本位記号より4分の1音低い微分音 (すべて平均律を元とする)

・数字は指使い (ヴァルヴ番号)。
 ・太字は平均律における通常の指使い。
 ・括弧付き数字は、実験Aの分類法によって配置された指使いだが、計測値的に若干偏りがあるため括弧を付した。

〈図2〉4分音に微調整したピッチ誤差



×は実験Aにおける [4分音] の条件に当てはまらないもの

〈譜例2〉ユーフォニアムにおける4分音スケール

The score consists of eight staves, each representing a different key signature and octave. The notes and their corresponding fingering numbers are as follows:

- Staff 1 (Bass clef, C2):** C2, C#2, D2, D#2, E2, E#2, F2, F#2, G2, G#2. Fingerings: 24, 4, 23, 3, 12, 1, 2, 0, 1234, 134.
- Staff 2 (Bass clef, C3):** C3, C#3, D3, D#3, E3, E#3, F3, F#3, G3, G#3. Fingerings: 234, 34*, 124, 14, 24, 123, 4, 23/1234, 3/134, 12.
- Staff 3 (Bass clef, C4):** C4, C#4, D4, D#4, E4, E#4, F4, F#4, G4, G#4. Fingerings: 234, 1, 34, 2/124, 14, 0, 24, 123, 4, 13.
- Staff 4 (Bass clef, C5):** C5, C#5, D5, D#5, E5, E#5, F5, F#5, G5, G#5. Fingerings: 23, 34, 3/124, 12*/14, 1, 1234, 2/24, 123, 0/4, 13/124.
- Staff 5 (Bass clef, C6):** C6, C#6, D6, D#6, E6, E#6, F6, F#6, G6, G#6. Fingerings: 23, 14, 12/3/134, 24/234, 1, 2/13/1234, 134, 0, 234, 12/24.
- Staff 6 (Bass clef, C7):** C7, C#7, D7, D#7, E7, E#7, F7, F#7, G7, G#7. Fingerings: 34, 1/134, 13, 2, 1234, 0/3, 12/124/134, 1, 14/23, 2/124/24.
- Staff 7 (Treble clef, C8):** C8, C#8, D8, D#8, E8, E#8, F8, F#8, G8, G#8. Fingerings: 3/123, 0/4/12/14, 23/124, 234/123/1234, 12/3, 24/34, 1/23, 14, 2/12/13/124/4.
- Staff 8 (Treble clef, C9):** C9, C#9, D9, D#9, E9, E#9, F9, F#9, G9, G#9. Fingerings: 0/23/14/1, 4/13, 2/12/24, 1, 0/1, 2, 3.

4分音の記号

♯: 本位記号より4分の1音高い微分音
 ♭: 本位記号より4分の1音低い微分音
 (ととも平均律を元とする)

・数字はヴァルヴ番号(指使い)。
 ・太字は平均律における通常の指使い。
 ・「*」は平均律における通常の指使いのものを4分音に移したものの。
 ・括弧付き数字は、実験Aの分類法によって配置された指使いだが、計測的に若干偏りがあるため括弧を付した。