

小・中学校ピアノ音律への 不等分平均律（複合純正律）導入の試みⅡ

— 3和音の理論的考察、判定、聴取実験 —

岸 啓子 城戸 透

(平成17年6月3日受理)

To introduce unequal temperaments to schoolpianos

— **The theory of unequal temperaments and
the consonance grade of their chords** —

Keiko KISHI Toru KIDO

はじめに

小・中学校における最適ピアノ音律についての研究の第1稿「小中学校ピアノ音律への不等分平均律（複合純正律）導入の試み——最適音律選定のための理論的試み——」（愛媛大学教育実践総合センター紀要頁55-68、2005年7月）では、小中学校音楽科教科書における歌唱・器楽曲の調性判定に基づいて24長短調の出現頻度を特定するとともに、教材の調性分布に適合し、多用される調が美しく協和的に響く複合純正律（調整音律）を求めて種々の音律を検討し、現行の12等分平均律に替えて古典音律またはその応用的音律をピアノ調律に適用する可能性を理論的に探求した。本稿では三和音に焦点をあててそれぞれの音律における3和音の配分特徴と音律的特徴から最適音律を検討する。

3和音は調性音楽の基礎であり、主和音・属和音・下属和音の主要3和音がその中心にある。教材のような「オーソドックス」な和声法の音楽では、これらの和音の使用頻度がきわめて高く、鳴り響く時間も他種和音より圧倒的に長い。これら3種の和音の特徴が調の響きを決定づけているため、音律の調性への適合度の判定には、主和音を中心に各種音律の3和音の響きを協和度の観点から精査することが必要である。

12等分平均律では第3音・第5音の相対的高さは一律で3和音は1パターンであるが、複合純正律ではピタゴラス・コンマまたはシントニック・コンマとスキスマの調整方法に応じて多様な算出法がある。協和音程本来の振動数比を持つものは「純正」と呼ばれているが、最も

よく協和する「純正」音程から激しいヴォルフ（うなり）を持つものまで、同一音程であってもその差は多様で、ひびきのちがいが大きい。そこで次項1においては各音律上の長3度・完全5度の純正音程からの隔たり（ずれ）のレベルを設定し、3和音を検討した。

協和の観点から「純正」とされる物理量はそのまま感覚（聴覚の）にとっても最良と判定されるのだろうか。物理量と感覚的反応に、協和の精度と協和感覚にどのような対応関係が見出せるかを知るために、第2項においてピアノ音による3和音に関する聴取実験を行った。

I 種々の音律のセント値および長3和音から見た音律の特徴

音階上の長3和音の3度、5度のセント値について、純正からの隔たりに応じてレベルを設定し、純正長3度、純正完全5度を0とし、5セントまでをレベル1、10セントまでをレベル2、15セントまでをレベル3（以下同じく5セント刻み）とし、協和度の目安とした（表1）。

表2はc音を0セントと置いた時の各音律のピッチ一覧である。

表3～表11は、各音律の3和音の和音レベルを示すもので、第3音、第5音の純正音程からのずれを上記レベルで判定し、その合計を和音レベルとして右端に記した。図1～図8は3和音の第3音・第5音のレベルの相違を明度差で示している。二重に記された5度の音名サークルの小さい方の円周上で隣接する2音が3和音の根音—5度に相当し、外側のサークルへの接点はその3和音の

表1 音程・3和音判定レベル(純正音程からの差セント)

差cent	0	5cまで	10cまで	15cまで	20cまで	25cまで	30cまで
レベル	0	1	2	3	4	5	6

表2 音律セント値

音名	12等分 平均律	ヴェルク マイスター	キルン ベルガー	バッハ 音律	マッテゾン	ヤング 平島版	ヤング 原型	中全音律	純正律
c	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
cis	100	90.225	90.225	98.045	70.672	94.135	90.225	76.049	70.673
d	200	192.180	193.157	196.090	203.910	196.090	196.090	193.157	203.910
es	300	294.135	294.135	299.349	274.582	298.045	294.135	310.264	315.641
e	400	390.225	386.314	392.180	386.314	392.180	392.180	386.314	386.314
f	500	498.045	498.045	501.956	498.045	501.955	498.045	503.422	498.045
fis	600	588.270	590.224	596.090	590.224	592.180	588.270	579.471	568.718
g	700	696.090	696.5785	698.045	701.955	698.045	698.045	696.578	701.955
gis=as	800	792.180	792.180	798.697	772.627	796.090	792.180	772.627	772.628
a	900	888.270	889.7355	894.135	884.359	894.135	894.135	889.735	884.359
b	1000	996.090	996.090	1000.001	1017.596	1000.000	996.090	1006.843	1017.596
h	1100	1092.189	1088.269	1094.135	1088.269	1090.225	1090.225	1082.892	1088.269

表3 12等分平均律純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	500	400	13.686	3	700	1.955	1	4
c	c-e-g	0	400	13.686	3	700	1.955	1	4
g	g-h-d	700	400	13.686	3	700	1.955	1	4
d	d-fis-a	200	400	13.686	3	700	1.955	1	4
a	a-cis-e	900	400	13.686	3	700	1.955	1	4
e	e-gis-h	400	400	13.686	3	700	1.955	1	4
h	h-dis-fis	1100	400	13.686	3	700	1.955	1	4
fis	fis-b-cis	600	400	13.686	3	700	1.955	1	4
cis	cis-f-gis	100	400	13.686	3	700	1.955	1	4
gis	as-c-es	800	400	13.686	3	700	1.955	1	4
es	es-g-b	300	400	13.686	3	700	1.955	1	4
b	b-d-f	1000	400	13.686	3	700	1.955	1	4

第3音である。中心の12個のケーキのピースが5度の協和レベルを、外側の尖った花びらが同じ和音の3度の協和レベルを示している。

1.1 平均律

平均律の3和音は均質で1タイプである。純正より約14セント高い3度がレベル3、約2セント狭い5度がレ

ベル1で、3和音のレベルはすべて4である。

1.2 ヴェルクマイスター第1技法第3番

ヴェルクマイスター第1技法第3番を構成する完全5度は2種類あり、8個の純正5度(701.955セント)と4分の1ピタゴラス・コンマ低い4個の5度(696.090セント)である。長3度は、後者の5度を多く含むもの

ほど狭く、最小は390.225セントから、最大はピタゴラス3度407.820セントまで、4種類の3度がある。純正3度(386.314セント)はなく、ヴォルフもない。和音の響きは色彩の変化に富みf、b、c音上の3和音は純正に近く、3度が最大となるfis、cis、gis音上の長3和音で緊張感が高まるが、外側の5度が純正であるため3度のきつさは薄められ、意外に響きは美しい。現在もチェンバリストに愛され、多用されている音律である。

f、b、cの3和音のレベルは1、2、3で純正に近く、

協和度は高い。調号が増えるに従いレベルも相対的に上昇するが、b系では、bのレベル2からesの4に進んでいる。

1.3 キルンベルガー音律

キルンベルガー音律はシントニック・コンマとスキスマを別々に処理するもので、c-eを純正3度に導くために4つの5度は4分の1シントニック・コンマ5.377セント狭くなり、レベル2となるため、5度としてのレベルは高くない。純正5度は7個。長3度はc-eのみ

表4 ヴェルクマイスター第1技法第3番純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	498.045	390.225	3.911	1	701.955	0	0	1
c	c-e-g	0.000	390.225	3.911	1	696.090	5.865	2	3
g	g-h-d	696.090	396.090	9.776	2	696.090	5.865	2	4
d	d-fis-a	192.180	396.090	9.776	2	696.090	5.865	2	4
a	a-cis-e	888.270	401.955	15.641	4	701.955	0	0	4
e	e-gis-h	390.225	401.955	15.641	4	701.955	0	0	4
h	h-dis-fis	1092.189	401.955	15.641	4	696.090	5.865	2	5
fis	fis-b-cis	588.270	407.820	21.506	5	701.955	0	0	5
cis	cis-f-gis	90.225	407.820	21.506	5	701.955	0	0	5
gis	as-c-es	792.180	407.820	21.506	5	701.955	0	0	5
es	es-g-b	294.135	401.955	15.641	4	701.955	0	0	4
b	b-d-f	996.090	396.090	9.776	2	701.955	0	0	2

表5 キルンベルガー第3音律純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	498.045	391.6905	5.3765	2	701.955	0	0	2
c	c-e-g	0.000	386.314	0	0	696.5785	5.3765	2	2
g	g-h-d	696.5785	391.6905	5.3765	2	696.5785	5.3765	2	4
d	d-fis-a	193.157	397.067	10.753	3	696.5785	5.3765	2	5
a	a-cis-e	889.7355	400.4895	14.1755	3	696.5785	5.3765	2	5
e	e-gis-h	386.314	405.866	19.552	4	701.955	0	0	4
h	h-dis-fis	1088.269	405.866	19.552	4	701.955	0	0	4
fis	fis-b-cis	590.224	405.866	19.552	4	700.001	1.954	1	5
cis	cis-f-gis	90.225	407.820	21.506	5	701.955	0	0	5
gis	as-c-es	792.180	407.820	21.506	5	701.955	0	0	5
es	es-g-b	294.135	402.4435	16.1295	4	701.955	0	0	4
b	b-d-f	996.090	397.067	10.753	3	701.955	0	0	3

純正で5度圏を#系で辿るに従って高くなり cis・gis上の3度がピタゴラスの3度で、3度レベル5となる。

3和音全体ではレベル5が5つある一方純正3度を持つものもある、という振幅を見せる。ピタゴラス3度を持つ cis・gis上の3和音には純正完全5度の協和的響きが配分されている点、バッハ音律との共通性もある。

1.4 バッハ音律 (注1)

f音から時計回りに5度圏を連続する5つの完全5度は6分の1ピタゴラス・コンマ狭い698.045セントで、ピタゴラス・コンマの6分割という調整法は、音律の時代関係とは逆順ながら、ヤング「6分の1」音律で馴染み深い狭め方である。5度は「6分の1」、純正、その中間的なものの3種に大別され、それぞれ位置的にもま

とまっている。

最も狭い3度は392.180セント (f-a, c-e) で、バッハが3度を純正より少し広く取ってチェンバロを調律していた、という伝承や、ジルバーマンの3度 (392セント) を好んだこととも一致している。3度は調号の増加とともに高まり、高まり方は#系がb系に先行する。最も広い3度は意外にもe音上にあり、純正5度を3個含む406.517セントである。しかしバッハこの大きく調整された3度には外枠に純正な5度を配置してバランスを取っており、和音の響きへの配慮が窺える。

3和音的のレベルでは4を中心に2から5までであり、B・F・C・G-Dur主和音がレベル2または3であるので、教材の調整分布にも適合性がある。さらに適合性を

表6 バッハ音律純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	501.956	392.180	5.866	2	698.045	3.910	1	3
c	c-e-g	0.000	392.180	5.866	2	698.045	3.910	1	3
g	g-h-d	698.045	396.090	9.135	2	698.045	3.910	1	3
d	d-fis-a	196.090	400.000	13.686	3	698.045	3.910	1	4
a	a-cis-e	894.135	403.910	17.596	4	698.045	3.910	1	5
e	e-gis-h	392.180	406.517	20.213	5	701.955	0	0	5
h	h-dis-fis	1094.135	405.214	18.900	4	701.955	0	0	4
fis	fis-b-cis	596.090	403.911	17.597	4	701.955	0	0	4
cis	cis-f-gis	98.045	403.911	17.597	4	700.652	1.303	1	5
gis	as-c-es	798.697	401.304	14.990	3	700.652	1.303	1	4
es	es-g-b	299.349	398.697	12.383	3	700.652	1.303	1	4
b	b-d-f	1000.001	396.090	9.135	2	701.955	0	0	2

高めるために音律の軸を右に30度回転させ、c音から6分の1狭い5度を取り始めれば、F-Durをレベル2とすることができる。

1.5 マッテゾンの音律

純正律系に属する純正音程と使い物にならない音程の混在する当時としてもまず絶対に使われなかった筈の音律である。3度も5度もレベル0が8個、純正3和音が6個ある。

1.6 ヤング6分の1平島版・原型

ヤング6分の1の調律サークル図ではc音から右廻り

に狭められた5度を、左回りに純正5度を割り振るが、平島版は30度左にずれたf音が開始点となる。5度はマイナス6分の1ピタゴラス・コンマの698.045セントと純正5度の2種類、3度は最小の392.180セントから最大のピタゴラス3度まで5種類となる。純正3度はやはり使われていない。h、fis、cis上の3度が最も広く、3和音レベルも5である。最も純正に近いのはb音上の2で、es、f、c、g、d音上の3和音はレベル3である。

原型は、c-fisを5度の分岐点とし、ピタゴラス3度はfis、cis、gis音上の3度に現れ、f音上の3和音はレ

表7 マッテゾン音律純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	498.045	386.314	0	0	701.055	0	0	0
c	c-e-g	0.000	386.314	0	0	701.955	0	0	0
g	g-h-d	701.955	386.314	0	0	701.955	0	0	0
d	d-fis-a	203.910	386.314	0	0	680.449	21.506	5	5
a	a-cis-e	884.359	386.313	0	0	701.955	0	0	0
e	e-gis-h	386.314	386.313	0	0	701.955	0	0	0
h	h-dis-fis	1088.269	386.313	0	0	701.955	0	0	0
fis	fis-b-cis	590.224	427.372	41.058	9	680.448	21.507	5	14
cis	cis-f-gis	70.672	427.373	41.059	9	701.955	0	0	9
gis	as-c-es	772.627	427.373	41.059	9	701.955	0	0	9
dis	es-g-b	274.582	427.373	41.059	9	743.014	41.185	9	18
b	b-d-f	1017.596	386.314	0	0	680.449	21.506	5	5

表8 ヤング6分の1音律平島版純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	501.955	392.180	5.866	2	698.045	3.91	1	3
c	c-e-g	0.000	392.180	5.866	2	698.045	3.91	1	3
g	g-h-d	698.045	392.180	5.866	2	698.045	3.91	1	3
d	d-fis-a	196.090	396.090	9.776	2	698.045	3.91	1	3
a	a-cis-e	894.135	400.000	13.686	3	698.045	3.91	1	4
e	e-gis-h	392.180	403.910	17.596	4	698.045	3.91	1	5
h	h-dis-fis	1090.225	407.820	21.504	5	701.955	0	0	5
fis	fis-b-cis	592.180	407.820	21.504	5	701.955	0	0	5
cis	cis-f-gis	94.135	407.820	21.504	5	701.955	0	0	5
gis	as-c-es	796.090	403.910	17.596	4	701.955	0	0	4
es	es-g-b	298.045	400.000	13.686	3	701.955	0	0	3
b	b-d-f	1000.000	396.090	9.776	2	701.955	0	0	2

ベル2である。レベル分布自体はヤング平島版と同じである。

1.7 中全音律

8個の純正長3度(3度レベル0)を持つ一方、レベル9の3度も4個ある。純正5度はゼロで、gis上には36セント広いヴォルフの5度(レベル8)が現れる。gis音上の3和音はレベル17で、教材の伴奏を中心とした教育の場には全く適合性のない音律であることが再確

認できる。

1.8 純正律

純正律は音律の性格上異名異音を峻別するため、c#とd b、d#とe bでは全く音が異なり、鍵盤への展開は机上の空論に近い。純正な音程を求めて各種分割鍵盤も考案され、簡易なものをヘンデルが使用していたとも言われている。ここでは一般的な割り振りとして平島氏による方法になった。cis、es、fis、bとし、g - moll

表9 ヤング6分の1音律原型純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	498.045	396.090	9.776	2	701.955	0	0	2
c	c-e-g	0.000	392.180	5.866	2	698.045	3.91	1	3
g	g-h-d	698.045	392.180	5.866	2	698.045	3.91	1	3
d	d-fis-a	196.090	392.180	5.866	2	698.045	3.91	1	3
a	a-cis-e	894.135	396.090	9.776	2	698.045	3.91	1	3
e	e-gis-h	392.180	400.000	13.686	3	698.045	3.91	1	4
h	h-dis-fis	1090.225	403.910	17.596	4	698.045	3.91	1	5
fis	fis-b-cis	588.270	407.820	21.504	5	701.955	0	0	5
cis	cis-f-gis	90.225	407.820	21.504	5	701.955	0	0	5
gis	as-c-es	792.180	407.820	21.504	5	701.955	0	0	5
es	es-g-b	294.135	403.910	17.596	4	701.955	0	0	4
b	b-d-f	996.090	400.000	13.686	3	701.955	0	0	3

表10 中全音律純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	579.471	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2
c	c-e-g	0.000	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2
g	g-h-d	696.578	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2
d	d-fis-a	193.157	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2
a	a-cis-e	889.735	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2
e	e-gis-h	386.314	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2
h	h-dis-fis	1082.892	427.373	41.059	9	696.578	5.377	2	11
fis	fis-b-cis	503.422	427.373	41.059	9	696.578	5.377	2	11
cis	cis-f-gis	76.049	427.373	41.059	9	696.578	5.377	2	11
gis	as-c-es	772.627	427.373	41.059	9	737.637	35.682	8	17
es	es-g-b	310.264	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2
b	b-d-f	1006.843	386.314	0	0	696.578	5.377	2	2

の導音を考え as - gis は gis とした。曲の途中で調律し直すことができない鍵盤楽器ではやむなく異名同音を使わざるをえず、gis として調律しても as としても使うことも起こり得る。長3度ではなく実際は減4度として配置された音 gis-c、c-fis、h-es では41セントもずれ、不協和音となってしまうがでる。同じく減4度で両音とも半音階的半音である fis-b は62セントも広く問題外のレベル13である。5度についても理論的には完全5度ではなく減6度の不協和音程である gis(as)-es (743,013

セント、レベル9)は、半音近く広すぎて使い物にならず、d-a、h-fis のレベル5の狭い5度も問題である。レベル0の純正3和音が6個あるが、一方でレベル18、レベル14もある。

表12は表3~11から小中学校教材に頻出する3調の主要3和音のレベルを取り出して一覧にまとめたものである。問題外の右端の2つの調を除くと、どの音律も一定のレベルに達しており、平均律より良好であると言える。

表11 純正律音律純正度(長3度・完全5度・長3和音)

音名 (3和音の 根音名)	音名 (長3和音)	根音 (セント値)	長3度			完全5度			3和音
			長3度 セント値	純正長3 度との差 セント	純正音程 からの隔た りレベル	完全5度 セント値	純正完全 5度との差 (セント)	純正音程 からの隔た りレベル	純正3和音 からの隔た りレベル
f	f-a-c	498.045	386.314	0.000	0	701.955	0.000	0	2
c	c-e-g	0.000	386.314	0.000	0	701.955	0.000	0	2
g	g-h-d	701.955	386.314	0.000	0	701.955	0.000	0	2
d	d-fis-a	203.910	364.808	21.506	5	680.449	21.506	5	10
a	a-cis-e	884.359	386.314	0.000	0	701.955	0.000	0	2
e	e-gis-h	386.314	386.314	0.000	0	701.955	0.000	0	2
h	h-dis-fis	1088.269	427.372	41.058	9	680.449	21.506	5	14
fis	fis-b-cis	568.718	448.878	62.564	13	701.955	0.000	0	14
cis	cis-f-gis	70.673	427.372	41.058	9	701.955	0.000	0	10
gis	as-c-es	772.628	427.372	41.058	9	743.013	41.058	9	18
es	es-g-b	315.641	386.314	0.000	0	701.955	0.000	0	2
b	b-d-f	1017.596	386.314	0.000	0	680.449	21.506	5	6

表12 F,C,G-Durの主要3和音のレベル

音律名	平均律	ヴェルク マイスター	キルン ベルガー	バッハ	ヤング 平島版	ヤング 原型	中全音律	C:純正律
F:I	4	1	2	3	3	2	2	0
IV	4	2	3	2	2	3	2	5
V	4	3	2	3	3	3	2	0
C:I	4	3	2	3	3	3	2	0
IV	4	1	2	3	3	2	2	0
V	4	4	4	3	3	3	2	0
G:I	4	4	4	3	3	3	2	0
IV	4	3	2	3	3	3	2	0
V	4	4	5	4	3	3	2	10
合計	36	25	26	27	26	25	18	15

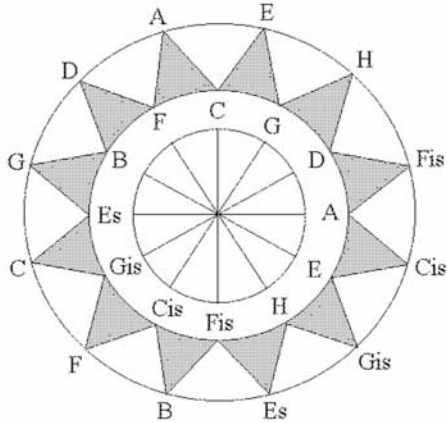
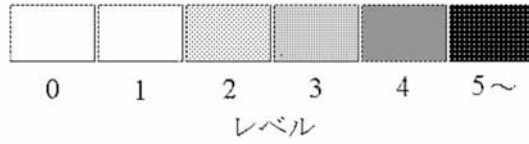


図1 12等分平均律

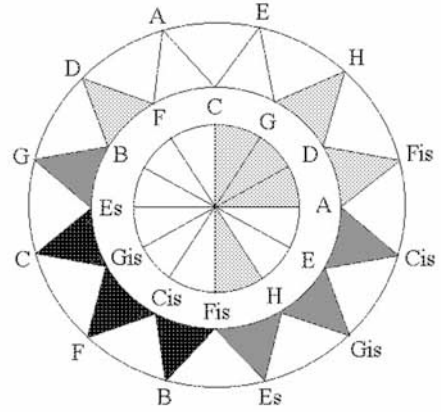


図2 ヴェルクマイスター第1技法第3番

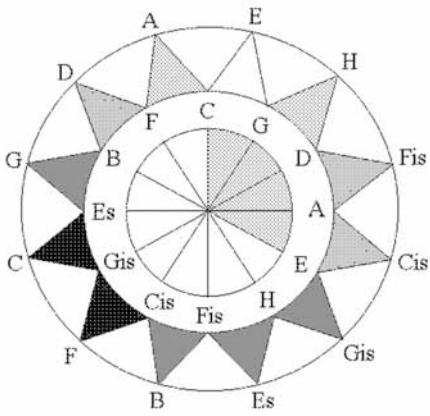


図3 キルンベルガー第3番

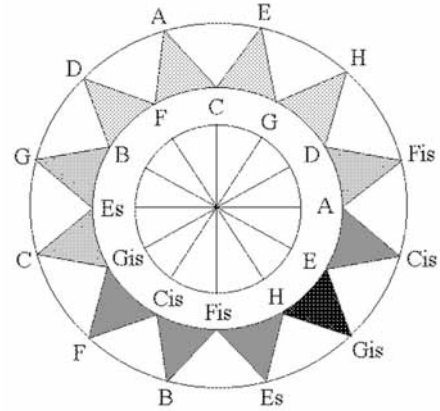


図4 バッハ音律

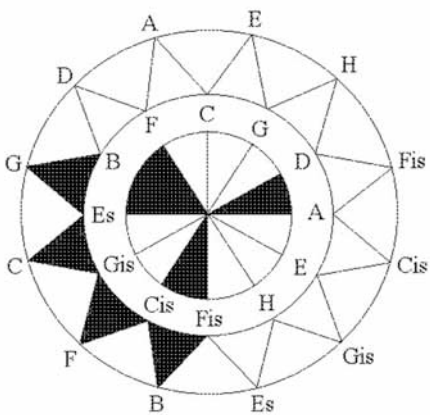


図5 マッテゾン音律

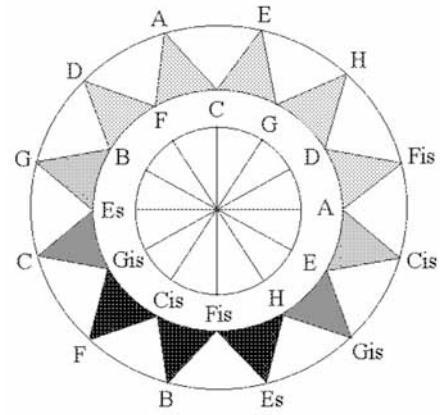


図6 ヤング6分の1 (平島版)

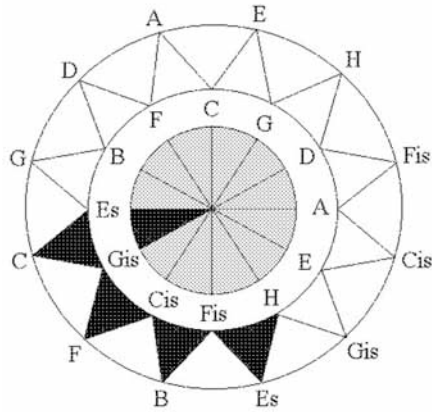
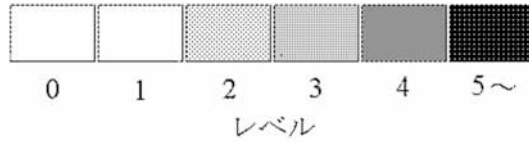


図7 中全音律

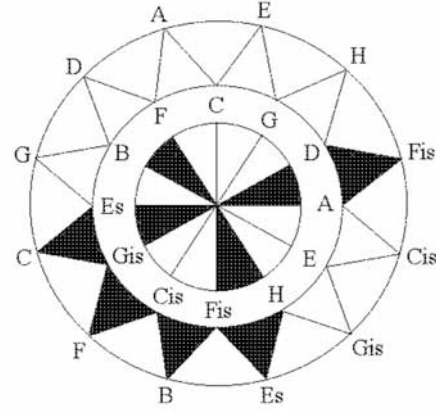


図8 純正律

II 長3和音および長3度・5度の聴取実験

上記音律の3度、5度・3和音のずれは、数セントから十数セントで、半音（100セント）よりはるかに小さいものである。そのような音程の変化に実際に聴取者が気づき、それら微細な相違の中でより協和的なものとそうでないものとの違いを感覚的に識別しているのだろうか。また、純正音程で最も高まる音程の協和性は、美しさの印象とどのような関係にあるのだろうか。音楽にかかわる物理量を扱う場合、その量的変化が感覚的判断の尺度とどのように対応しているかは大きな問題である。本稿で扱っている和音の協和についても、音響物理学的な協和の数値自体は明確である反面、協和度の数値的純正さが聴き手の高い評価に直結し、純正さからの逸脱がそのまま低い評価につながるかについて、大きなずれでは誰も不快さを感じる事実はあるけれども、微妙な程度の逸脱の許容度や反応についてはまだ明確にされていない。しかしたとえばバッハは純正長3度より長3度を広めに取ることをよしとしていたこと等、実際の協和への感覚には、僅かではあるが物理的純正さからのずれ（または許容度）が認められるのではないとも感じられる。ここでは3和音とそれに関する種々の音の聴き取り実験を行い、どのような音程・和音がよしとされるかについて調べた。

2. 1 実験方法

「特定の音程の微妙な高低に対する好みを調べるためのアンケート」と称する実験は以下のように行った。

実験に用いたピアノの演奏は、あらかじめ録音しておいたものを用いた。実験は6つあり、2つの音を和音として演奏するものが2種類、3つの音を和音として演奏するものが2種類、2つの音を分散させて旋律として演奏するものが2種類ある。各実験はある特定の部分のピッチが少しずつ異なる数タイプの演奏から成っている。各タイプすなわち同じピッチの音による演奏は5回反復して録音した。各実験のピッチを変化させる方法は以下の通りである。いずれの実験も、変化させたピッチは低いものから高いものへと配列し、実験でもその順番で再生した。

実験1 3度（ドーミ）の和音を7タイプ（ミの音の高さを少しずつ変えていく）

ここではドの音の高さは固定し、ミの音の高さを少しずつ変えていった。変化させた音程のセント値は、381、386（純正長3度）、390、395、400（平均律の長3度）、405、410である。

実験2 5度（ドーソ）の和音を6タイプ（ソの音の高さを少しずつ変えていく）

ここでもドの音の高さは固定し、ソの音の高さを少しずつ変えていった。変化させた音程のセント値は、692、

697、700（平均律の完全5度）、702（純正完全5度）、705、710である。

実験3 ドーミーソの和音を5タイプ（ミの音の高さを少しずつ変えていく）

ここではドとソの音の高さは固定し、その音程は702セントとした。そして中間のミの音の高さを少しずつ変えていった。変化させた音程のセント値は、386、390、395、400、405である。

実験4 ドーミーソの和音を5タイプ（ソの音の高さを少しずつ変えていく）

ここではドとミの音の高さは固定し、その音程は386セントとした。そしてソの音の高さを少しずつ変えていった。変化させた音程のセント値は、697、700、702、705、710である。

実験5 ドーミードの旋律を4タイプ（ミの音の高さを少しずつ変えていく）

ここではドの音の高さは固定し、ミの音の高さを少しずつ変えていった。変化させた音程のセント値は、386、392、400、408（ピタゴラス音律の長3度）である。

実験6 ドーソードの旋律を6タイプ（ソの音の高さを少しずつ変えていく）

ここではドの音の高さは固定し、ソの音の高さを少しずつ変えていった。変化させた音程のセント値は、692、697、700、702、705、710である。

評定者は教育学部音楽専攻の学生で、人数は34人である。

学生には、（1）よく協和しているか（2）美しい響きかの2項目について、100点満点で採点してもらった。ここで、採点は音程（ピッチ）についてだけ行い、音色・演奏法など音程以外の要素は採点に関係ないものとした。なお、採点用紙には、0から100まで1刻みに目盛りが打ってある数直線が印刷してあり、学生はそこに得点をマークし、その後、用紙の端にある得点欄に得点を記入してもらった。

実験は、はじめに練習として、実験の方法や採点の方式に慣れるために、実験1と同じものを聴いてもらい、練習用の用紙に採点してもらった。その後、本番として、実験1から実験5までを順に行い、本番用の用紙に採点してもらった。また各実験の各タイプは、すでに述べた

通り、5回反復して演奏されるが、その演奏が終わったら、約10秒の間隔を置いて、再び同じものを再生したあと、ピッチの異なる次のタイプの演奏に移った。

2. 2 実験結果

実験結果を表13、14に示す。この表から次のようなことが分かる。

まず、すべての実験において、協和度と美しさの得点分布に同じような傾向が見られることが分かる。ただし、実験6の5度の旋律については、協和度と美しさの得点分布に違いが見られる。以下、各実験について見ていくことにする。

実験1 3度（ドーミ）の和音を7タイプ（ミの音の高さを少しずつ変えていく）

平均点の一番高いものは、協和度、美しさともに平均律の長3度である400セントの場合であった。その次に高いものは純正律の長3度よりも4セント高い390セントの場合であった。このように得点のピークが2箇所ある理由は、個々の得点データを見ると理解できる。すなわち、得点の与え方によって（1）平均率の音程付近に高得点を与えている評定者、（2）390セントの音程付近に高得点を与えている評定者、（3）その中間の音程に高得点を与えている評定者の3種類に分類できる。このうち（1）の評定者が最も多く、次いで（2）の評定者が多いために、2つのピークが生じていると考えられる。

実験2 5度（ドーソ）の和音を6タイプ（ソの音の高さを少しずつ変えていく）

平均点の一番高いものは、協和度、美しさともに平均律の完全5度である700セントの場合であった。

実験3 ドーミーソの和音を5タイプ（ミの音の高さを少しずつ変えていく）

平均点の一番高いものは、協和度、美しさともに3度が395セントのものであった。実験1では400セントの3度が好まれている結果が得られたが、この実験では5セント低い3度が好まれているというのは注目すべき結果である。

実験4 ドーミーソの和音を5タイプ（ソの音の高さを少しずつ変えていく）

平均点の一番高いものは、協和度、美しさともに5度が702セントのものであった。実験2では700セントの

表14 聴取実験結果 (2) 美しさ

評定者	実験1										実験2					実験3					実験4					実験5					実験6				
	3度の和音					5度の和音					3度の和音					3和音の3度を変える					3和音の5度を変える					3度の旋律					5度の旋律				
	381	386	390	395	400	405	410	692	697	700	702	705	710	386	390	395	400	405	408	412	697	700	702	705	710	386	392	400	408	692	697	700	702	705	710
1	20	32	27	30	40	45	70	32	45	55	50	80	70	30	25	30	30	70	50	68	65	35	30	40	55	40	50	50							
2	40	20	40	50	80	100	90	70	90	80	70	60	30	40	70	80	80	90	100	30	20	60	40	70	80	100	60	100	70						
3	80	76	67	42	55	80	74	34	56	90	67	80	5	59	64	48	59	52	60	63	80	75	47	54	62	80	70	50							
4	60	80	75	67	75	80	65	40	80	80	65	63	35	50	63	50	60	45	65	73	68	56	50	55	60	80	70	80	66						
5	10	17	66	87	98	76	62	63	57	63	75	91	47	11	88	80	93	24	50	58	46	68	23	91	76	47	16	35	50	65	80	89	26		
6	65	80	90	95	85	67	40	60	73	85	82	71	50	70	71	95	82	65	55	62	93	80	30	50	52	90	61	62	70	84	84	92	60		
7	10	20	40	70	80	65	60	70	50	60	80	80	50	30	30	70	80	65	30	40	50	80	80	70	70	80	65	70	80	70	75	60			
8	40	40	60	60	50	30	30	10	80	70	50	40	0	20	50	80	70	20	60	30	50	70	20	70	80	80	90	80	70	70	70				
9	50	55	55	70	63	60	50	40	50	53	55	50	50	47	55	53	60	50	45	55	60	53	43	40	43	40	55	60	63	60	57	55			
10	45	47	49	50	53	51	47	50	54	55	56	58	47	40	41	45	50	48	45	47	46	46	43	35	37	45	58	50	58	60	61	60			
11	65	80	70	55	55	45	40	40	60	80	95	60	45	50	65	60	55	40	60	70	60	55	45	55	70	80	65	40	70	90	80	70	65		
12	60	90	100	70	65	60	70	70	80	100	90	80	70	100	80	75	60	40	100	80	65	50	40	100	70	85	90	100	90	90	70	80	95		
13	70	100	50	30	35	70	30	0	40	100	70	90	0	30	85	50	0	0	25	90	50	80	0	50	90	85	50	80	40	95	80	35			
14	75	80	90	75	65	55	40	70	80	85	75	65	55	55	80	85	75	60	50	85	80	75	65	85	70	55	80	80	70	70	60				
15	85	85	85	90	85	80	80	85	85	90	85	90	90	84	85	89	90	90	85	80	85	90	80	85	80	85	85	75	80	80	75	90	85		
16	70	75	77	83	75	80	79	65	63	75	70	80	60	65	63	75	77	70	70	71	80	82	78	75	75	80	78	65	70	72	75	80	68		
17	70	80	100	80	50	40	30	100	90	80	60	50	30	50	60	90	100	40	80	100	60	50	30	60	60	100	50	70	90	100	60	80	50		
18	80	80	90	100	90	70	60	40	50	100	80	70	80	70	80	100	90	70	60	90	100	90	80	95	95	100	95	80	85	95	95	90	90		
19	75	75	73	75	77	70	73	70	73	70	70	70	70	70	70	73	68	65	73	75	73	73	73	70	68	73	73	68	68	73	70	73	73		
20	65	75	75	75	75	65	55	50	52	60	60	60	49	60	72	70	77	65	60	70	67	58	65	55	63	61	61	70	60	60	62	70	65		
21	50	80	80	55	58	57	50	40	45	53	50	60	40	50	70	80	85	40	40	70	70	72	50	45	48	60	52	40	50	70	65	62	50		
22	50	55	60	60	50	45	40	50	60	55	50	55	40	50	55	55	60	65	50	50	55	45	45	50	50	45	45	50	60	60	60	60	60		
23	65	85	90	95	100	95	95	70	70	95	100	95	80	75	90	90	100	90	75	90	80	90	80	80	100	80	70	75	90	100	100	100	100		
24	90	60	90	80	100	90	80	30	35	50	40	90	60	60	90	95	100	85	55	55	50	65	45	70	60	90	20	65	70	85	55	70	100		
25	80	80	95	100	95	85	50	90	100	95	80	80	70	85	95	90	80	80	85	100	95	90	80	85	87	80	65	70	80	100	80	75	70		
26	30	30	50	60	85	70	40	80	90	60	70	60	20	20	50	65	80	60	70	60	90	70	85	40	40	95	90	20	70	80	80	90	90		
27	40	70	65	80	50	30	25	10	30	80	60	20	0	20	50	70	30	0	30	50	90	65	0	40	45	60	70	40	45	60	70	100	65		
28	15	50	45	20	65	70	35	0	5	85	45	90	10	0	100	100	90	50	10	40	45	90	100	0	0	70	100	10	100	70	100	100	100		
29	40	70	80	70	70	50	30	40	80	80	80	50	30	50	60	70	80	60	60	40	80	30	20	50	60	80	40	40	60	80	70	60			
30	50	70	75	90	90	60	40	60	70	80	80	85	60	55	80	80	80	80	60	60	75	80	65	50	55	80	55	50	75	80	80	70	70		
31	37	30	45	50	75	67	68	23	32	68	68	50	52	50	79	79	82	72	52	76	74	84	72	60	53	49	40	59	67	71	12	59			
32	75	75	75	70	70	70	65	65	80	85	75	75	65	70	75	75	70	65	70	75	80	75	65	75	80	70	65	70	80	85	80	75	70		
33	40	40	60	50	70	60	80	40	50	50	50	80	90	60	40	80	90	60	80	60	80	50	50	70	60	60	50	40	50	80	50	50	70		
34	40	65	50	80	95	50	40	30	50	75	100	90	45	60	75	90	50	30	65	80	85	60	50	20	30	80	60	70	80	95	90	75	50		
平均	54.0	63.1	68.8	68.1	71.3	64.4	55.4	49.6	61.9	74.8	70.1	69.9	46.9	52.1	67.1	73.7	71.9	53.3	58.5	66.7	70.0	68.6	55.9	59.2	61.8	73.0	59.8	56.7	69.0	77.1	73.8	75.5	66.9		

5度が好まれている結果が得られたが、3和音を同時に鳴らした場合には2セント高い純正な5度が好まれていることが分かる。

実験5 ドーミードの旋律を4タイプ（ミの音の高さを少しずつ変えていく）

平均点の一番高いものは、協和度、美しさともに3度が400セントのものであった。実験1では390セント付近の3度も好まれている結果が得られたが、この実験では、そのような好みの分離はなかった。

実験6 ドーソードの旋律を6タイプ（ソの音の高さを少しずつ変えていく）

この実験では、協和度と美しさに違いが見られたため、それぞれについて見ていきたい。

まず、協和度であるが、平均点の一番高いものは、705セントの5度で、次いで高いものが700セントの5度であった。個々の得点データを見ると、(1) 広い5度を好む評定者、(2) 純正の5度を好む評定者、(3) 狭い5度を好む評定者、(4) 広くても狭くても良いとする評定者が見受けられる。ただし、実験1の個々の得点データに比べてちらばりが大きくなっている。

次に、美しさについて見ると、平均点の一番高いものは、700セントの5度で、次いで高いものが705セントの5度であった。個々の得点データについては、協和度の場合と同じようにちらばりがあった。

協和度と美しさの両方を考慮すると、5度の旋律の音程のずれに対する許容度が高いと言って良いのではないだろうか。

Ⅲ むすび

2音の実験ではまず旋律についての許容度が高いことが明らかになったが、これは平島氏をはじめ多くの人が経験的に語っていることと一致する。和音3度音程では平均律の評価が高かったが、390セントあたりにももうひとつの山が認められてM字的であった。和音5度音程については平均律の評価が高い。一方、純正3度の評価は旋律・和音とも良くなかった。

3和音になると、第3音は平均律ではなくそれより5セント低い395セントが高得点で、386セントの純正長3和音の評価は低かった。第5音は702セントの純正完全5度が好まれた。多様な個別的事象として現れる音程

ではなく、調と機能和声の基本である3和音がまず重要であることを考えるなら、この3和音の評定結果はきわめて重要である。3和音の評定では純正な5度枠の意味が増し、純正音程より高く平均律より低い3度との組み合わせが協和的・美しいとされた事実は、古典音律においても、さまざまに調整された、それゆえある種の妥協の産物として純正3度より高めの3度を持つ音律が主流で、使用頻度の高い調の主和音がレベル3程度に設定されている事実と大局的に照応している。

2の実験はピッチと協和感覚の対応の一場面を切り取ったもので、データではあっても基準とするには実際のところ無理がある。とはいえ目安として参考になるものではあり、音律のあり方を決める物理量としての和音の特徴と、感覚的反応である聴取結果、および音楽史の中で実践されてきた古典音律が一定の合致を見たことは今後の選定作業の十分な指標になるといえる。

注1 バッハ音律：Bradley LehmanがBach's extraordinary temperament: our Rosetta Stone — I, EARLY MUSIC, vol.xxxiii, No.1, 3—23 Oxford University Press 2005の中で発表した。バッハの「平均律（従って中身と異なるこの名称も不適切になってしまった）クラヴィーア曲集」を演奏する音律としてバッハ自身が自筆譜表紙に一筆書きで記していたが、その図案が音律を指示していることに250年以上も誰も気付かなかった。なお、この音律だけをバッハが演奏に用いていたというものではない。

一筆書きで記された11+1のループがそれぞれ5度に対応し二重結びは狭い5度を、一重結びはやや狭められた5度を、一重丸は純正完全5度を表わしている。レーマンは2重結びは6分の1ピタゴラス・コンマ狭い5度(698.045セント)を、一重結びは12分の1コンマ狭い5度をあらかずとしているが、ここでは、狭い一重結びの連続する3つの完全5度で残りの6分の1ピタゴラス・コンマを3等分し、左右に別れて途切れたb-fを純正5度とした。左端のちいさな丸も一筆書きの一重丸のループと見なしたためである。二重結びの連続する5つの5度、一重丸の3つの5度についてはレーマンによる。

参考文献

- H.ケレタート：音律について バッハとその時代、竹内
ふみ子訳、シンフォニア、1990
- 平島 達司：ゼロ・ビートの再発見——平均律への疑問
と古典音律をめぐって、東京音楽社、1983
- 平島 達司：ゼロ・ビートの再発見・技法篇——古典音
律の解釈と実践のテクニック、東京音楽社、1983
- 東川 清一編：古楽の音律 (Temperament and
Intonation on early music)、春秋社、2001
- アニタ・T・サリヴァン、岡田 作彦訳：ピアノと平均
律の謎——調律師が見た音の世界、白揚社、1989
- H. ケレタート、竹内ふみ子訳：音律について 上巻
——バッハとその時代——、シンフォニア、1990
(原著は Herbert Kelleat : Zur musikalischen
Temperatur, J.S.Bach und seine Zeit . 1981, Berlin)
- 東川 清一：シャープとフラットのはなし——読譜法の
今昔、音楽之友社、1992
- 溝部 国光：正しい音階 (音楽音響学)、日本楽譜出版
社、1984
- 宮武 誠一：種々の音律について