慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	楽器と音律の合理化における<身体感覚>の変遷： マックス・ウェーバー音楽論再考
Sub Title	The changes of "human sense" on rationalizations of musical instruments and temperaments: rethinking Max Weber's thesis of music
Author	寺前, 典子(Teramae, Noriko)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	2010
Jtitle	慶応義塾大学大学院社会学研究科紀要：社会学心理学教育学： 人間と社会の探究 (Studies in sociology, psychology and education : inquiries into humans and societies). No.70 (2010.) ,p.73- 90
JaLC DOI	
Abstract	Music has been thriving to be the site of an endless competition between two aspects of human beings; a rational (mechanical) aspect and an aspect that cannot be determined by rationality (sensible). In Max Weber's The Sociology of Music: The Rational and Social Foundations of Music, he contrasts rationalizations of many kinds of ethnic, ancient, and modern music to western classical music, concerning what had brought modern western classical music to fruition. Weber concludes that the piano is a successful form of a rationalization of keyboards in western classical music. This study is concerned with the rationalizations of instruments and temperaments through two contrasting aspects; a rational aspect would be a mechanical aspect, while an aspect which cannot be determined by rationality would be a "human sense." Most musical instruments that are used in western classical music have experienced structural rationalizations such as that of the piano. In terms of the construction of the instruments, the flute in particular has been employing the equal temperament and has changed a scientific instrument that is prior to a mechanical aspect just like the piano. On the other hand, in terms of performance, the flute has kept its pure intonation that is based on the "human sense," contrasting to the piano whose tones have deteriorated because of rationalization. Consequently, this paper would find that musical rationalizations are processes of changing rationality to an aspect of "human sense" and a mechanical aspect of things. The more modern a musical rationalization is, the less rational its "human sense" becomes.
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00069 57X-00000070-0073

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

楽器と音律の合理化における〈身体感覚〉の変遷

——マックス・ウェーバー音楽論再考

The Changes of “Human Sense” on Rationalizations of Musical Instruments and Temperaments:

Rethinking Max Weber’s Thesis of Music

寺　前　典　子*

Teramae Noriko

Music has been thriving to be the site of an endless competition between two aspects of human beings; a rational (mechanical) aspect and an aspect that cannot be determined by rationality (sensible). In Max Weber’s *The Sociology of Music: The Rational and Social Foundations of Music*, he contrasts rationalizations of many kinds of ethnic, ancient, and modern music to western classical music, concerning what had brought modern western classical music to fruition. Weber concludes that the piano is a successful form of a rationalization of keyboards in western classical music.

This study is concerned with the rationalizations of instruments and temperaments through two contrasting aspects; a rational aspect would be a mechanical aspect, while an aspect which cannot be determined by rationality would be a “human sense.” Most musical instruments that are used in western classical music have experienced structural rationalizations such as that of the piano. In terms of the construction of the instruments, the flute in particular has been employing the equal temperament and has changed a scientific instrument that is prior to a mechanical aspect just like the piano. On the other hand, in terms of performance, the flute has kept its pure intonation that is based on the “human sense,” contrasting to the piano whose tones have deteriorated because of rationalization. Consequently, this paper would find that musical rationalizations are processes of changing rationality to an aspect of “human sense” and a mechanical aspect of things. The more modern a musical rationalization is, the less rational its “human sense” becomes.

1. はじめに

音楽は，それ自身において，人間の二つの側面，すなわち理性的（機械的）な面と理性では割り切れない（感覚的な）面との絶えざるせめぎあいを映し出すようにして発展してきた。マックス・ウェー

* 慶應義塾大学大学院社会学研究科社会学専攻博士課程

バーはその音楽論すなわち『音楽社会学――音楽の合理的社会学的基礎――』（以下，『音楽社会学』）において，何が近代西洋音楽を興隆に導いたのかをめぐって，古代から近代までの多様な民族の音楽の合理化と西洋音楽を対比し，最後に近代西洋における鍵盤楽器の合理化の到達点としてピアノを取り上げる。

本稿では，事象の理性的な面を機械的な側面とする一方で，理性では割り切れない側面を〈身体感覚〉の側面としてとらえて，その二側面の対比の中で楽器と音律の合理化の変遷を検討する。西洋音楽で用いられる楽器の多くは近代以降ピアノと同様に構造上の合理化の道をたどる。なかでもピアノと同様に平均律を採用したフルートは，楽器製作の観点からすれば，科学技術に裏付けられた楽器に変貌し，機械的な側面が優位となる。他方，演奏面でフルートは，合理化の弊害が音色にまで及んだピアノとは対照的に，現代でも〈身体感覚〉の側面が優位にあり純正な音色を保つということを明らかにする。音楽の合理化とは事象における〈身体感覚〉と機械的な側面との比重の変遷の過程であり，それが近代的なものであればあるほど前者の占める比重は低くなるのである。

2.　西洋音楽の興隆――『音楽社会学』におけるピアノの位置づけ

2-1　音楽合理化に伴う変更不能の事態

『音楽社会学』では，古代から近代までの多様な民族の音楽の変遷が論じられる。それは，それぞれの時代における各社会の要求に見合う音色を得るための，楽器や音律の合理化の過程である。そして，中でも長い音楽の歴史の中でみればごく一時期でしかも限定的な地域に生じた西洋音楽がなぜ興隆したのか，その事情が多様な音楽との対比のなかで明らかにされる。音楽合理化とは，音楽という事象に伴う不具合を克服するための過程であり，『音楽社会学』では，①音楽が芸術に目覚めたことから，近代的記譜法が発明され，②音律の合理化，③楽器の合理化がなされる，という道筋が示される。ここではその議論を整理しよう。まずウェーバーは，音楽合理化が直面する問題を指摘する。

> 和声的に合理化された音楽は，すべてオクターヴ（振動数比1:2）を出発点とし，このオクターヴを5度（2:3）と4度（3:4）という二つの音程に分割する[1)]。つまり，$\frac{n}{n+1}$ という式で表わされる二つの分数――いわゆる過分数――によって分割するわけで，この過分数はまた，5度より小さい西欧のすべての音程の基礎でもある。ところが，いま或る開始音から出発して，まず最初はオクターヴで，次に5度，4度，あるいは過分数によって規定された他の何らかの[音程]関係で「圏」状に上行または下行すると，この手続きをたとえどこまで続けても，これらの分数の累乗が同一の音にでくわすことはけっしてありえない。例えば，$(2/3)^{12}$ にあたる第十二番目の純正5度は，$(1/2)^{7}$ にあたる第七番目の8度（オクターヴ）よりもピュタゴラス・コンマの差だけ大きいのである。この変更不能の（unabänderlich）[2)] 事態と，さらには，オクターヴを過分数によって分ければそこに生ずる二つの音程は必ず大きさの違うものになるという事情が，あらゆる音楽合理化の根本をなす事実である。この基本的事実から見るとき近代の音楽がいかなる姿を呈しているか，われわれはまず最初にそれを想い起こしてみよう。（Weber [1921] 1956: 877=[1967] 2000: 3）

すなわち，ピュタゴラス音律（Pythagorean intonation）[3)] はコンマ[4)] という割り切れない微小音程を伴い，これがあらゆる音楽合理化の根本をなすのである。たとえば，ドを基音に純正5度を12回積み重

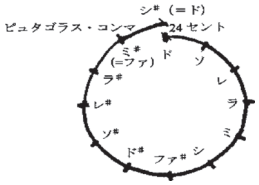

図1　5度圏とピュタゴラス・コンマ[6)]

ねると，それは8度（オクターヴ）を7回積み重ねたものと等しいため，理論的には基音と同じドに着く。しかし実際は，その音程はコンマ分高くなり，5度圏の輪は閉じない（図1）。またこの音律は，非合理な比を構成する「リンマ」[5)] を伴う（Weber [1921] 1956: 882=[1967] 2000: 37）。音楽合理化は，一つにはこうした事態を克服する営みであるが，これは「変更不能」なのである。ところが，それを割り切ろうと合理化を徹底したのが近代西洋なのである。その岐点には音楽の役割の変化がある。

2-2　芸術への目覚めと近代的記譜法の発明

古代ギリシアに生じたピュタゴラス音律は，様々な民族の音楽にも見られる。そして，それに基づき，各社会に密着した音律を持つ音楽が作りだされる。中世のアラビアではリュート，［旧］中国では律管という竹笛により，ピュタゴラス的に音程が定められた（Weber [1921] 1956: 887=[1967] 2000: 64）。しかし，音楽の役割は社会によって異なり，その発展傾向も西洋音楽のそれとは異なる。たとえば［旧］中国では，音律は単なる音程の規則ではなく国家の秩序を反映するものであった[7)]。「音楽が，……伝統的な旋律定型を純実用的な目的で使うことから抜け出したとき，つまり純粋に美的な要求が目覚めたとき――普通，このときに初めて，音楽本来の合理化が始まる」（Weber [1921] 1956: 893=[1967] 2000: 97）とウェーバーはいう。すなわち，音楽の合理化が図られるのは，音楽が芸術対象となった時である。［旧］中国でもコンマを解消する試みはあったが，近代西洋と音律への価値基準が根本的に異なるため，実用化されることはなかった。他方，近代西洋の音楽は芸術の対象となって発展する。それを導いた条件の一つに「定量記譜法Mensural-Notation」の発明がある（Weber [1921] 1956: 911–3=[1967] 2000: 172–7）。これは音高や音長を音符で記す近代的記譜法であり，その先駆けは手振り運動を記号化し旋律的進行と歌唱法を示すオリエントに起源をもつ中世の「ネウマNeumen」である。これにより複雑な多声音楽の構造を示すことが可能になり，芸術的作曲が盛んになる。こうして「本当の作曲家」が生まれ，記譜された作品が後代に影響を与える（Weber [1921] 1956: 913=[1967] 2000: 177）。われわれは今，そのお陰で多種の楽器による古典作品を再現できるのである。この発明の背景には音律と楽器の合理化がある。

2-3　音律の合理化

『音楽社会学』では音律の合理化としてピュタゴラス音律から平均律へと至る過程が論じられるが，それは楽器の発展と共にあった。音律とは，異なる二音間の隔たりすなわち音程の規律のことであり，楽器の調律はこれを基準に行われる。音律は民族や時期により多種多様だが，西洋では中世までピュタゴラス音律が支配的であった。その頃の音楽といえば主に教会で歌われるグレゴリオ聖歌であった。調和を重視する教会では，数比による秩序正しいピュタゴラス音律が重用されたのである。しかし，ル

ネサンスの気運が高まり人々が教会外の器楽曲を求めるようになると，ピュタゴラス音律では事足りなくなる。15世紀以降，ピュタゴラス音律を基に「純正律reine Stimmung」[8] が見いだされる（Weber [1921] 1956: 918=[1967] 2000: 199）。「整律は，実際また，われわれ西欧の和音和声的音楽発展の最後の切り札であった」（Weber [1921] 1956: 918=[1967] 2000: 199）というように，チェンバロ等の鍵盤楽器が出るこの時期以降，西洋音楽において「整律」，すなわち純正な音程を意図的にずらして音律を得る，という合理化が加速する。たとえば，16世紀前半に発明された「中全音律mitteltönige Temperatur」[9]（Weber [1921] 1956: 918=[1967] 2000: 199）は，純正5度を保つのではなく，それを微妙にずらし3度を純正に保つという，従来の方法を打ち破るものである。そして西洋音楽は「平均律gleichschwebende Temperatur」に至る。これはオクターヴを12個の等しい半音に分割する音律であり，そこでは12個の5度が7個のオクターヴと等値(Gleichsetzung)と定められる（Weber [1921] 1956: 918=[1967] 2000: 200）。平均律は，これらを「等値」にすることにより5度圏の環を閉じることに成功したのである。これにより自由な転調や和音進行が可能になって表現の幅が広がり，西洋音楽は発展した。そして近代以降，ピアノの鍵盤には半音が等しく割り振られた。このように音律の合理化は楽器と共にある。

2-4　楽器の合理化

ウェーバーは多様な楽器の盛衰を検討するが，鍵盤楽器ではオルガン，チェンバロそしてその合理化の到達点としてのピアノを取り上げている。古代からあるオルガンは，10世紀以降西洋の教会で発展した。その調律にはピュタゴラス音律が用いられたが，これは「3度や6度の平行唱」には利用できない等の不都合があった（Weber [1921] 1956: 924=[1967] 2000: 223）。やがて芸術音楽に使う楽器が望まれ，17世紀末に初期のピアノであるハンマークラヴィーアが発明される。これはクラヴィコード（打弦鍵盤楽器）とチェンバロ（撥弦鍵盤楽器）という発音の方法が異なる二つの楽器を起源とするが，この三種の楽器は長く共存した。作曲家は，ピアノより音量は小さくとも，独特の音色をもつそれらの豊かな表現力を重用したからである。バッハは「洗練された耳を目あてにした古い型のこの楽器のために」（Weber [1921] 1956: 927=[1967] 2000: 235）多作した。しかし「楽器の運命が……資本主義的になった楽器生産の市場の諸状況によって決定」（Weber [1921] 1956: 926=[1967] 2000: 232）されるようになると，その関係はやがてピアノ偏重になる。18世紀以降，音楽の担い手は貴族から市民へと移ると市場は大規模になり，その要求が演奏会や楽譜の出版を促し，楽器の合理化にも拍車をかけたのである。ピアノは，19世紀になると教育や独奏・合奏に用いられ，また素人音楽家にとっては「家具」（Weber [1921] 1956: 928=[1967] 2000: 238）として，近代西洋における多様な要求に応えられる楽器となる。作曲家たちは技を競い合うために高性能の楽器を求めたが，近代西洋の技術力はそれに応えうるものであった。ピアノは，「鉄の優秀なことが鉄枠をつくる上で助け」になり，イギリス，ドイツ，アメリカで機械的に大量生産される（Weber [1921] 1956: 927=[1967] 2000: 235–6）。こうしてピアノは，近代西洋に特有の条件が揃ったことにより，不動の地位を築いたのである。

他方，ウェーバーは，ピアノのネガティブな側面も指摘する。歌手の訓練や弦楽器の勉強は平均律で調律されたピアノで行われるため，「精緻な聴覚がえられない……。イタリアの歌手に比べて，北欧の歌手の音程がはるかに純正でない」のである（Weber [1921] 1956: 928=[1967] 2000: 237）。これを克服するため純正律に対応できる「オクターヴ内に二十四鍵をそなえるピアノ」が作られたが，それは増大した「素人音楽家」には受容されず，ピアノの構造は大量な販路を得られる「市民的な家庭楽器」に相

応しいものとなる（Weber [1921] 1956: 928=[1967] 2000: 237）。

ウェーバーは近代西洋音楽の興隆の事情を論じ，最後に鍵盤楽器の合理化の到達点としてピアノを取り上げた。しかし，なぜ平均律のピアノでは精緻な聴覚が得られないのだろうか。

3. 〈身体感覚〉に根ざす純正な音程

3-1　音楽における〈身体感覚〉の側面と機械的な側面

事象は，理性的な側面と，理性では割り切れない側面をもつ。ここでは，それぞれを機械的な側面と〈身体感覚〉の側面ととらえる。たとえば，音楽においてその関係は，「リズム」[10] と「拍子」という二つの側面に現れる。すなわち，生命現象にたとえられる音楽のリズム，そして反復運動によって時間を機械的に刻む拍子の各側面である。両者は協働して音楽を作り出しているとはいえ，巧みな演奏ほど，リズムは際立ち拍子の側面は退く。同様の対比は音の響き，音程にもあてはまる。携帯電話から鳴る曲に心を動かされないのは，電子音の各音程が機械的に等分されているからである。他方，生演奏が聴く者に感銘を与えるのは，一つには音色において〈身体感覚〉の側面が際立つからである。では，なぜ聴き手はそれを素晴らしいと感じるのだろうか。それは，その音色の一つひとつが「純正な音」だからである。素晴らしい演奏は純正な音の集積であり，それらが「ハモる」すなわち協和して美しい響きを作り出すのである。この純正な音色は，「自然倍音」から成る。楽音はそれが一つの音であっても複数の倍音から成り，その音列を自然倍音列と呼ぶが，われわれが協和音を聴き分けられるのは，聴覚が「自然倍音列にしたがって反応」するからである（平島　2004a: 27–9）。言いかえれば，われわれの〈身体感覚〉は自然倍音列と呼応するため，われわれは，純正な音色を持つ人の声や楽器の音を心地良く感じるのである。ここで重要なことは，純正な音程は〈身体感覚〉に根ざすゆえそれぞれ微妙に誤差があり均等に割り切れない，ということである。たとえば，チェロ奏者のパブロ・カザルスは，「平均律では音楽にならない，そして『表情的音程』あるいは『旋律的音程』を研究しなければならない」（吉田 1997: 60）と言い，「ジュスティス・エスプレシヴォ」（吉田1980: 172）を強調した。すなわち，オクターヴを機械的に等分した平均律では音楽を真に表現できないのである。たとえばレ♭は，平均律ではド♯と同音とされるが，美しい響きを得るにはド♯より「一コンマ高く」（Quantz 1752=1976: 35）弾く必要がある。ピュタゴラスがモノコルドと鋭敏な聴覚によって純正な音を聴き分けたように，演奏においては〈身体感覚〉に根ざす純正な音を表現することが求められるのである。また楽器の調律でも，古代より人間は〈身体感覚〉に根ざす音律を用いてきた。しかし，音楽が芸術目的となり楽器が次々と発明され，それと共に音律も改良されると，〈身体感覚〉の側面が減衰する。それは，〈身体感覚〉に根ざす音律から機械的な音律への過程である。西洋音楽では，産業化の進展に従いその傾向が顕著になったが，それ以前は〈身体感覚〉に基づく純正な音程を大切にして技を究めた。

3-2　〈身体感覚〉に基づく楽器と音律の改善

楽器は，その初期において歌う，叩くという身体の律動をそのまま表出する声や手足であり，やがて身の回りの物もそれに加わる。西洋音楽も同様に，教会ではグレゴリオ聖歌が歌われやがてオルガンも加わる。そして先に見た通り，それにはピュタゴラス音律が用いられた。これは，モノコルドと鋭敏な耳を頼りに自然倍音列に従い導かれる，まさに〈身体感覚〉を駆使して得られる音律である。卓越したヴァイオリニストが奏でる楽音を測ると，ピュタゴラスが導いた純正5度を初めとする協和音と似通っ

た音程になるという（Heman 1964=1980: 26）。われわれは古代の人々が聴いたものと同じ音色に感銘を受けるのである。さらに，コンマを伴うこの音律は独特の音程を生むリンマをもち，これが旋律に彩りを添えている。やがて，教会外の音楽が求められ3度を用いる曲が望まれると，この音律を基に純正律が考案される。こうして音楽は，長い間〈身体感覚〉を参照して作られてきた。しかし器楽曲が盛んになり楽器の主流が声から鍵盤楽器へと移行すると，その状況が徐々に変化する。純正律は，5度（702セント）と3度（386セント）を純正にする試みであり，実現すれば素晴らしい響きが得られる。声や弦楽器，笛などの純正可能楽器の奏者は，常にこれを参照している。しかし，これは音程が固定されている鍵盤楽器には向かないため，純正な音程に手がつけられる。そこで純正律を実用化した中全音律が考案される。これで，調号なしを含め長調は♯3個，♭2個までの六つの調を短調なら三つの調を一定の調律で純正に弾くことができる（平島 2004b: 59）。しかしこの範囲を越えるとウルフ（うなり）[11] が生じるため，調律替えなど楽器に手を加える必要がある。（平島 2004b: 58–9）。しかし，純正より少し狭い5度と純正3度をもつこの音律はバロック音楽特有の音色を醸し出し，この中にあってはウルフさえ独特の響きをもつ[12]。また，ヘンデル（1685–1759）は，「分割黒鍵」[13] を備えるチェンバロを用い，「異名異音」である半音階的半音（ド♯とレ♭等の全音階にない半音）を弾き分けられるようにし，ウルフを避けつつ調性の使用範囲の拡大に努めた（平島 2004a: 105）。他方，黒鍵を分割せずに表現の幅を広げる音律が考案される。それが，ウェーバーの議論にはなかったウェル・テンペラメント[14] である。これは平均律とよく混同されるが，機械的にオクターヴを分割するそれとはまったく異なる。その音色は調性感が豊かで，変化記号が少ない調性では主に白鍵を使うため和声的な響きになり，変化記号の多い調性では黒鍵を多用するため旋律的な響きになる（平島 2004a: 75）。「白鍵では5度の幅が狭いために3度が純正に近く，黒鍵では純正5度」（平島 2004a: 75）になっているためピュタゴラス音律に変わるからである。これはチェンバロから初期のピアノにも採用された。こうして楽器の発明に伴い音律が合理化されてきたが，作曲家たちは〈身体感覚〉に根ざす音律を用い，純正な音色を大切にして技を究めた。

4.　鍵盤楽器の合理化における〈身体感覚〉の側面の変遷――機械的な音律を用いる近代的な楽器へ

西洋では17世紀末にピアノが登場するが，初期のピアノはチェンバロ同様，手工業の賜物であった。それは音量も小さかったが，貴族のサロンではそれでも充分であった。また音楽家たちもすぐにピアノに飛びついた訳ではなく，18世紀の西洋ではクラヴィコードやチェンバロが主流であった。

4-1　クラヴィコード，チェンバロそしてピアノへの移行

クラヴィコードは，15世紀頃に発明された打弦鍵盤楽器である。鍵盤を押すとタンジェントという鍵の後方にある真鍮片が弦を打ち，その弦の振動が響板に伝わって音が出る。打弦の位置は「モノコルド上での音程間隔」に従って決められていたことから，15–6世紀頃この楽器は「モノコルディア」とも呼ばれた（Sadie ed. 1980=1994b: 560）。当時のクラヴィコードは，音域が3オクターヴと狭いが，一本の弦が3～4つの鍵と共有されており協和音を構成する音は常に異なる弦から響くため，あらゆる協和音を演奏できた（Sadie ed. 1980=1994b: 560–1）。ピュタゴラスが協和音を導いたモノコルドがルネサンス期には鍵盤を備えて息づき，人々は〈身体感覚〉に根ざす純正な音色を奏でたのである。この楽器は，音量は小さいが繊細な表現力をもち，打鍵後も続けて音を微妙に変化させられる（Sadie ed.

1980=1994b: 560)。

また，チェンバロは撥弦鍵盤楽器であり，15世紀前後に発明されてから18世紀末頃まで独奏，伴奏，室内楽，管弦楽，オペラ等様々な音楽の場面で重用された（Sadie ed. 1980=1996a: 325)。鍵を押すと，鍵の後方に取り付けられたプレクトラム（爪）を持つ木製の細長いジャックが上がり，その時プレクトラムが弦を押してはじいて音が鳴る（Sadie ed. 1980=1996a: 325)。チェンバロは，実用品とはいえ絵や彫刻で装飾が施された手工業の賜物であり，芸術的価値さえ備えていた。18世紀のチェンバロの最盛期，音律はウェル・テンペラメントが用いられていた。調性によって和声的になったりピュタゴラス的になったりする〈身体感覚〉に根ざすこの音律を用いた楽器は，音量は小さいが繊細な表現が可能であった。作曲家たちは，ピアノ出現後もクラヴィコードやチェンバロのために創作した。これらは長く重用されるが，その長所を取り入れつつ，より音量が出るピアノの改良も続けられていた。

メディチ家の楽器管理担当兼チェンバロ製作者バルトロメーオ・クリストーフォリ（1655–1731）は，1698年にチェンバロの音量における難点を克服するため，弦をはじくのではなく「打つ」ハンマーアクションを考案した（Sadie ed. 1980=1996b: 72–3)。それを備えた楽器は，後に「強弱の出せるハープシコード gravicembalo col piano e forte」と名付けられ，やがてピアノと呼ばれる。そのハンマーアクションは，ハンマーが打弦した後，その弦振動を保ったまま即座にハンマーを下方に戻すためのエスケープメントというピアノの心臓部となる装置を備える（Sadie ed. 1980=1996b: 73)。初期のピアノはこのように画期的なアクションを備えていたが，弦も細く，音域も4オクターヴ程度であり，外観も機能面でもチェンバロの名残を多く留めていた。この発明はまず産業革命を迎えたイギリスで活かされ，やがて西欧からアメリカにも広まるが，「選ばれる」ピアノができるまで一世紀を要した。

4-2　手工業品から工業製品としてのピアノへ

18世紀後半になるとピアノ産業は盛んになるが，約3800もの部品から成るピアノの製作はなかなか手工業の域を出なかった。ピアノ製作を巨大産業に仕立てたイギリスのブロードウッドが18世紀末頃工員として働いていた工房の年間生産台数は，約20台であった（西原 1995: 67)。しかし18世紀末に西洋において音楽の担い手が貴族から市民へと移ると，大ホールやそれに相応しい音量が出る楽器が必要になった。やがてピアノは産業化の波に乗るともはや芸術品ではなく「近代的ピアノ」として均質な工業製品となる。その変貌の背景には，工業化に加え多様な「音楽家」とその要求が絡み合う。

19世紀初頭以降，ピアノ製造会社は，販路を得て技術開発に多額の投資をし，演奏家に選ばれるような楽器作りに努める。たとえば，広い音域を持つ楽曲を演奏するには多くの鍵盤を要し，それに伴いより強靭な弦とフレームが必要になる。現代の88鍵のピアノのフレームには音域によって0.8〜4.8 mmの太さの弦が張られ，その総張力は20トンにも及ぶ（磯田 2008: 16)。そのフレームは鋳鉄製であり張力に耐えうる強度を持つが，それは1820年頃実現していた[15]。音質にこだわり木製を貫く会社もあったが，演奏家は大ホールに映える音を得るため多少音質を犠牲にしても音量を重視し，それに従い素材の主流は金属へと移行する。リスト（1811–86）に至っては，煌めく音色を好んであえて金属製フレームを選択した。こうして表現の上で申し分のない高品質なピアノが現れると，音楽家たちは調性に縛られず技巧の限りを尽くした協奏曲で技を競いたいと考えてこれに関心を向ける。また素人音楽家のために，多くの小品が作曲され，楽譜も大量に出版された[16]。さらに家庭向けの比較的安価なアップライト・ピアノが多く販売された[17]。これらの相乗効果によって，近代的ピアノは普及した。その結果ピア

ノは，〈身体感覚〉に基づく純正な音を放棄する。というのも，その調律にはどの音程も同質になるように機械的に定められた平均律が採用されるからである。

4-3　平均律を採用した近代的ピアノが失ったもの，それを補う〈身体感覚〉

平均律より前の音律の合理化は，表現の幅を広げるため〈身体感覚〉に基づく音律に改善を加えるという過程であり，純正な音色を得ることを第一の目的にしていた。しかし平均律[18]では，それよりも扱い易さを優先し，オクターヴを機械的に12等分した。ピアノのオクターヴ内には7個の白鍵，5個の黒鍵，合計12個の鍵盤があるが，各鍵盤には振動数比が$\sqrt[12]{2}$になるような半音（100セント）が均等に割り振られ，全ての全音と半音の関係は2:1となっている[19]。これにより転調や移調，半音階的な和音の使用も容易になり，表現の幅が広がった。しかし，その払った犠牲は大きい。

純正な音程は，〈身体感覚〉に根ざすゆえ，それぞれ微妙に誤差がある。しかし，平均律では，オクターヴ内が機械的に等分されたため和音が濁るのである。平均律では5度の和音（ド－ソ）はきれいに響く方（700セント）だが，これは純正な5度（702セント）より狭い。近代的ピアノでは，オクターヴ以外すべて不協和となるのである。ピュタゴラス音律やそれに基づく音律が持つリンマやウルフは図らずも独特の響きを作っていたが，それは，それらの音律のオクターヴ内の音程に微妙な誤差があることから生じていた。ところが平均律では，それを切り捨て，各音程を等価にしたため和音が濁る。音が固定される鍵盤楽器に平均律を採用すると，そうした不具合が生じる。またウェーバーも指摘したように，平均律のピアノで音楽教育をすると「精緻な聴覚がえられない」（Weber [1921] 1956: 928=[1967] 2000: 237）。それは日本でも同様であり，幼時から平均律のピアノで絶対音感を身に付けると，協和音を聴き取る感性が育たない場合がある。たとえば，音を下げるように注意されても，「ピアノに……合っています」（吉田 1980: 43）と言い，音を修正できない場合がある。さらに，平均律を採用した楽器では，作曲家の創意が表現できない場合がある。たとえば純正を保つ音律では，ハ長調から♯（ドミナント）方向へ転調すると嬰ヘ長調に着き，♭（サブドミナント）方向へ転調すると変ト長調に着くというように，取る方向によって到達する調性は異なる（Rosen 2002=2009: 215）。ベートーヴェン（1770–1827）はこの転調の感覚を厳格に維持し，ドミナントで「緊張の高まり」を，サブドミナントでそれを「解決する力」を表した（Rosen 2002=2009: 215）。ところが平均律で調律したピアノではどちらの方向をとっても同じ音に到達するため，もはやベートーヴェンの創意は表現しえない。平均律は転調が自在だが，その反面，音色に犠牲を強いている。近代西洋音楽は「変更不能の」（Weber [1921] 1956: 877=[1967] 2000: 3）ものに手を加え合理化を徹底したため，事象の機械的な側面が台頭しかえって不具合を生むのである。

しかし，近代以降の音楽は，なぜ純正な音を放棄し平均律を選択したのだろうか。それは，既にみた通り，近代的ピアノの需要と供給の関係が一致したからである。演奏会で音色の機微より音量が求められるなら，「表現の幅を広げたい」という芸術家の性は転調が自由な平均律を選択するだろう。また，鉄のフレームと弦を持つ近代的ピアノを平均律に調律するには，熟練の調律師でも数時間を要する。しかし太い弦は頑丈さゆえに一旦調律すれば容易に狂わないため，演奏会の主催者にとっても好都合である。細い弦を持つチェンバロは音程が狂いやすいが，その微調整も職業音楽家には容易なことであった。他方，ピアノの普及に伴い調律という職域が生じたが，「未熟な調律師」が太い弦をウェル・テンペラメントに調律すると困難が生じた（Sadie ed. 1980=1994a: 291）。しかし，平均律ならそれも最小限

に止められ，さらに一旦平均律に固定すれば多様な曲を演奏会に一度に組み込めるため集客が期待できる。また素人音楽家にとっても，少ないレパートリーが音律によってさらに制限を受けるより，全ての調性が弾けるピアノは好都合である。また家庭用ピアノの調律は年に1~2回で済む。この手軽さは，多様な「音楽家」に歓迎された。そして1840年代，A. J.ヒプキンズは，ついにブロードウッド社を説得して「工場での調律を平均律に」させた（Sadie ed. 1980=1994a: 291）。こうして，多様な奏者の要求や近代西洋の技術力など様々な条件が合致し，ピアノは平均律を採用するに至った。音楽は，〈身体感覚〉に呼応する性質を機械的な性質が凌駕することにより，合理化の道を歩んできたのである。

しかし，近代的ピアノでも名手にかかれば素晴らしい響きが紡ぎだされる。なぜだろうか。それは，奏者の〈身体感覚〉を駆使した微妙な指のタッチが，音楽のリズムを表現するからである。たとえばピアニストは，純正な音色を出す弦楽器とのアンサンブルにおいて，平均律に伴う音程の欠点を十分考慮し，それが目立たないように弦楽器の音色に溶け込むように演奏している。名手なら，「強く弾けばやや高く聴こえ，弱く弾けば低く聴こえ」るという原理を利用して，聴衆に純正の音程に近い和音が鳴っているように感じさせることができる（吉田 1997: 60）。他方，長い半音階をアレグロで駆け下りても，空虚な響きしかしない場合がある。それは，平均律の単調さを考慮に入れず，ただ楽譜にとらわれて音符を早く機械的に再現している場合である。つまり演奏に当たっては，楽器に〈身体感覚〉を用いる余地が少なければその分操作は難しくなる。近代的ピアノは機械的な平均律を採用したため，楽曲のリズムや響きの表現はほとんどすべて演奏者の指にかかってくるからである。

次に，古代からある笛を改良して近代に生まれた木管楽器の一つであるフルートを取り上げよう。木管楽器は，奏者が音色を作り出す純正可能楽器であるが，19世紀以降楽器製作の点では合理化が図られ，ピアノと同様に平均律を採用した（溝部 1975: 95）。しかし演奏面ではピアノが被ったような弊害を免れ，木管楽器はなお〈身体感覚〉に根ざす純正な音色を保つ。その事情をフルートの発展に見てみたい。

5. 〈身体感覚〉に根ざす純正な音色を保つ近代的フルート

フルートとは「空洞の管体に封じ込められた気柱を持つことと，奏者の唇から発せられた息の流れが，管端の鋭いエッジに当たることにより，その気柱を振動させ，音響学上『エッジ・トーン』と称されている音を発生するという条件」を満たす楽器をいう（Sadie ed. 1980=1996c: 424）。フルートは古来，植物や動物の骨に孔をあけただけの素朴な作りであった（Powell 2002: 3）。人々は，それを祭祀や合図のために〈身体感覚〉を駆使して鳴らした。そして，西洋において芸術目的として盛んに用いられる16世紀以降，フルートは構造上さらに発展する。すなわち，17世紀末に従来の縦笛を横式にしたフラウト・トラヴェルソ，その複雑な運指を単純化するために複数の鍵をつけたシンプル式フルート，そしてそれまでの機能を改善し，さらに科学的に楽器の設計をした機械的な19世紀のベーム式フルートに一つの頂点を見て今日に至るモダン・フルートである（ここでは近代的フルートと言う）。ここでは，フルートは，楽器製作の観点からすれば，素朴な形状を持つものから近代的な楽器へと進化を遂げ機械的な側面が優位になるが，演奏の面ではフルートは現代に至ってもなお〈身体感覚〉に根ざす純正な音色を保つということを明らかにする。

5-1　フラウト・トラヴェルソ

18世紀頃以降の後期バロック音楽の時代には，多くのフルートのための作品が書かれた。フルートの構造に様々な改良が重ねられて音域や音質が向上したからである。ヴィルトーゾとしての地位を得たフルート奏者は，18世紀以降，宮廷から公共へと活動の場を広げる（Powell, 2002: 68）。市民にも音楽が普及しフルートの人気が高まると，音楽家達は高度な演奏ができる楽器を求めるようになる。この時期の製作家は作曲家兼演奏家の場合が多く，彼らはより美しい音色を得るために楽器の改良，試作，作曲，演奏を繰り返した。この営みによりフルートは発展してきた。18–9世紀には様々な発明がなされるが，それらは何れも「一つでも多くの音を純正な音程で鳴らすこと」を念頭においた考案であった。

たとえば半音を出すための「鍵」（キー）をもつ一鍵式のフラウト・トラヴェルソすなわち横式の（travers）一鍵式フルートが考案された，これは，ミの半音下（ミ♭／レ♯）の音を鳴らすためにレ（第7）の音孔（鍵でふさぐ孔）に鍵を備えるものである。それ以前は指孔（指で直接押さえる孔）を半分位開けて辛うじて半音を出していたが，これでフルートは「あらゆる半音を演奏できる楽器」になった（Sadie ed. 1980=1996c: 430）。また縦笛では「吹き方の強弱によってそのピッチが大幅に変動」（溝部 1975: 69）したが，横式の採用により広い音域をカバーし音程を安定させる素地ができた。作曲家兼演奏家でもあるジャック・オトテール・ル・ロマン（1680–1761頃）が作った一鍵式フルートは，一本の円筒管ではなく，三つの部分（頭部管，胴部管，足部管）から成り，18～19 mmの円筒の頭部管が胴部管の末端では12 mmになるように円錐を組み合わせた管体を持ち，足部管のレの音孔に鍵を持つ（Toff [1979] 1986:17=1985: 25）。彼はその奏法を教則本『フルート・トラヴェルソ，またはドイツ式フルートの原理』（1707）に記した（Toff [1979] 1986:16 =1985: 24）。その音域は，運指表ではレ^{1}－ソ^{3} [20] と示されるが，実際に安定した音程で出せるのはレ^{1}－レ^{3}であった（Toff [1979] 1986:18=1985: 26）。しかし，このように半音が確実に出せるようになったことで表現の幅は広がった。オトテールは発明の試みにソ^{3}を用いる《前奏曲》（1719）を書いた（Brown 2002: 161）。

ヨハン・ヨアヒム・クヴァンツ（1697–1773）は，純正な音を厳密に表現し分ける試みをする。彼は作曲や教育にも携わり現代でも参照される『フルート奏法試論』（1752）を執筆し，そのフルート製作の理念は先駆的なものも多い[21]。たとえば彼は，1750年頃に二鍵式フルートを考案する。それはミ♭（第7孔）用の鍵の真横にレ♯（第8孔）用の鍵を備え，異名異音を吹き分けられるものである。クヴァンツは言う。「以前にはなかったキーをもう一つフルートに付け加えて見ようと思った動機は，大半音と小半音の差にある。……幹音にフラットをつけて作った半音は，シャープによって示された音符とはちがった演奏をする」（Quantz 1752=1976: 37）。当時，中全音律においてこれらは明確に区別されていた。ヘンデルが分割黒鍵を用いたように，クヴァンツはこの二鍵を駆使して異名異音を吹き分けようとしたのである。しかし「♭のついた音は♯のついた音より一コンマだけ高くなる」（Quantz 1752=1976: 35）が，その場合ミ♭とレ♯以外の半音は変則的な運指を用いる必要があった。たとえばクヴァンツの「運指法」（Quantz 1752=1976: 35）によると，シ^{1}♭とラ^{1}♯では運指が異なり，シ^{1}♭は「1，3，4，5の指」（左手の人差指と薬指，右手の人差指と中指）だが，ラ^{1}♯は「1，3，4，5，6，8の指」（左手の人差指と薬指，右手の人差指と中指と薬指と小指）で出す。二音の微妙な差異の表現は，一番目のキー（7の指）ではなく，8の指すなわち「二番目のキーがなければできない」のである（Quantz 1752=1976: 38）。技法の使い分けが必要なこの二鍵式フルートは普及しなかった。しかし，これらの発明は性格の異なる音色の「違い」を厳密に表現する，という当時の信念を具現化する試みであった。彼

らはこの時期，〈身体感覚〉に根ざす音律に基づき楽器を作り，演奏面でも純正な音色を追求したのである。

5-2　シンプル式フルート

シンプル式フルートとは，半音やトリルを容易に演奏するために，三鍵から十二鍵以上の鍵をもつフルートである（Brown 2002: 20）。しかし実用性から，結局，八鍵式フルートがシンプル式フルートの根幹となる（Sadie ed. 1980=1996c: 432）。上述の通りクヴァンツの二鍵式フルートは，しばしば変則的な運指が必要であった。それを完璧にこなせば変化に富んだ演奏ができるが，奏者にとっては正しい音程で早い旋律を奏する場合困難であった。またアマチュア奏者の需要に応えるためにも，一つの半音を一つの鍵で鳴らすことが求められ，シンプルな指使いで鳴らせるフルートが登場したのである。たとえば，1760年頃ピエトロ・フローリオ（1730頃–95），カレブ・ゲッドニー（1754–69），リチャード・ポッター（1728–1806）といったイギリスの職人たちは，四鍵式フルートを製作した（Toff [1979] 1986: 24–5=1985: 32）。これは，従来のミ♭／レ♯キーを持つ一鍵式フルートに，シ♭とソ♯という半音のための新たな鍵，そして「Fタッチ」というファ^{3}を確実に出すための鍵を加えたものである。またクレメンティ社は，1774年頃さらにこれまで不可能とされていたド^{1}とド^{1}♯を加えた六鍵式フルートを考案し低音域を広げた（Toff [1979] 1986: 25–6=1985: 34）。たとえばモーツァルト（1756–91）の《フルートとハープのための協奏曲　ハ長調　K.299》（1778）（Mozart 1989）には，ド^{1}とレ^{1}♭が第1楽章の第151–2小節他に登場し，さらにフルートには不可能と言われたファ^{3}が同第196小節他に用いられており，音域と共に表現の幅が広がったこと，すなわち楽器が進歩したことが分かる。この時期，指孔は指が届き易い位置にあけられそれに応じて音程が調整されたため演奏面では音階はまだ不均一であったが，製作面では半音階が徐々に加わる傾向にあった。これは，音の「違い」を追求したクヴァンツの理念とは異なり，とりもなおさず全ての音を「等しく」するという平均律的な考えの萌芽でもある。この頃から楽器製作において〈身体感覚〉が占める割合が減衰する。

5-3　近代的フルートへの平均律導入の試み

19世紀は「フルート・マニアの時代」（Powell 2002: 160）といわれるほど多くのメカニカルな改善がフルートに施される。18世紀に芽生えた平均律的な志向が製作に取り入れられるのもこの時期以降である。フルートに平均律を導入するという考えは〈身体感覚〉に根ざす音律に基づく楽器の製作を放棄することであり，すなわちクヴァンツの運指法を否定するものである。平均律は，異名異音を表せないことから「十二半音不協和システム」とみなされ，フルートへの導入をめぐり議論が続いた（Powell 2002: 148）。ヨハン・ゲオルゲ・トロムリッツ（1726–1805）は，従来通り異名異音を保ち純正な音程すなわち純正律（just intonation）で吹ける鍵式フルートを製作する一方で，1800年にフルート奏者として初めて実験的に「同サイズの半音（equal-sized semitones）」をもつミ♭／レ♯用の鍵だけの一鍵式フルートを提案した(Powell 2002: 148)。また1803年にハインリッヒ・ウィルヘルム・テオドール・ポットギサー（1766–1829）は，異名異音ではない「各音程が等間隔の半音階(a chromatic scale with ‘equal intonation’)」をもつ一鍵式フルートを提案する（Powell 2002: 146）。それは，音を「モノコルドを基準に」定めるというものであった（Powell 2002: 148）。しかし，モノコルドから取った〈身体感覚〉に根ざす純正な音は各音程に微妙な誤差があるため，オクターヴを機械的に等分した音孔に割りつ

けることはできない。カール・グレンザーは，同年「モノコルドから音を取ると音程に問題が生じる。フルート（の音）はピアノ等の平均律に合わせるべき」と評した（Powell 2002: 148）。

平均律を導入することは「不純な音程を許す」ことであるため，フルート奏者達は最初それに反対した。しかしグレンザーは上の批評の中で次のように述べる。「製作者が平均律を参照してフルートを調律しても，演奏者は結局『不完全なシステム』から逸れて正しい音程で演奏することができる。……熟練のフルーティストなら，運指に拠るかあるいは歌口を内側や外側に回したり息に強弱をつけたりするだろう」（Powell 2002: 148）。つまり奏者は，たとえフルートが平均律で調律されていても，耳という〈身体感覚〉を頼りに音程を微妙に変化させ純正な音色で演奏するのである[22]。

18–9世紀にかけて，フルートは，演奏面ではなお〈身体感覚〉に根ざす純正な音色を保つが，製作面ではすでに〈身体感覚〉に根ざす側面は減衰し機械的な側面が優位になる。そして，その傾向は現代のフルートに直結する改良を施したベーム式フルートにおいて顕著となる。

5-4　ベーム式フルート――近代的フルートの一つの到達点

フルート奏者でもあるテオバルト・ベーム（1794–1881）は，1847年に音響学に基づき正しい音程が得られる位置に音孔を持つフルートを完成させた。それは「ベーム式フルート」と呼ばれ，現代のフルート製作にもその理論が継承されている。ベームは1828年のフルート製作工場の操業以降，鍵を載せるポスト（柱）や鍵を連結する管（Toff [1979] 1986: 46=1985: 54），一本の指で2つの音孔を塞ぐ機構（Toff [1979] 1986: 55=1985: 62），楽器のバランスを保つために押し続ける（常に開いている）ことを前提にしたクローズドD♯キー（Toff [1979] 1986: 58=1985: 64–6），音孔の拡大など数々の発明をするが，1847年のモデルはベームのそれまでの発明の集大成である。その詳細は，ベームの1871年の論文『フルートとフルート奏法』（Boehm [1922] 1964）に記されている。ベーム式の楽器が従来のものと異なり革新的であると言われるのは，従来の楽器の音孔が押さえ易さ優先で科学的根拠なくあけられていたのに対し，「正確な比率を必要とする管楽器の音孔や指孔の構造」（Boehm [1922] 1964: 15）が，既存の楽器の研究と音響学に基づく試作品による実験を繰り返した結果決められたからである。その第2章「フルートの音響学的比率」では，音孔のサイズや位置が計算と図によって示される。ベームの発明は多岐にわたるが，ここでは主に音響計算がどのように音孔に関する設計に反映されたのかを見ることにし，他については簡単にふれるにとどめる。

ベーム式フルートは，頭部管，胴部管，足部管の三つの部分から成り，管の主要部分は内径19 mm，頭部管の歌口側の端はコルク栓でふさがれている（Boehm [1922] 1964: 14）。胴部管と足部管には15個の音孔が穿たれている（Boehm [1922] 1964: 59）。正しい音程を得るためには，音孔の位置（気柱の上端から音孔までの距離）およびサイズが重要であり，その配置は正確な計算によって決めなければならない（Boehm [1922] 1964: 15）。音孔のサイズを仮に小さくした場合，1オクターヴ間の音は正確に出るがそれ以上になると音波（tone waves）が歪み音は貧弱になる。そのため，音孔のサイズは大きなもの（少なくとも管の3/4。本管の内径が19 mmの場合，14.25 mm）が望ましいが，穿孔上の理由から銀製フルートでは次のように設計された。すなわち，ド^{1}♯[23] からド^{2}までの12個の音孔は13.5 mmである（Boehm [1922] 1964: 26–7）。またレ^{2}のトリルキーとレ^{2}♯のトリルキーの音孔は7.6 mm，ド^{2}♯は6.6 mmと小さい（Boehm [1922] 1964: 37）。ド^{2}♯の音孔は，レ^{2}，レ^{2}♯，レ^{3}，ソ^{3}♯，ラ^{3}の通気孔の役割も兼ねる（Boehm [1922] 1964: 30）。この三つの音孔も大きい方が良いが，そうすると鍵機構が複

音　相対振動数　相対弦長

TABLE I

Tones	Relative Vibration Numbers	Relative String Lengths
C_{x+1}	2.000000	0.500000
B	1.887749	0.529732
B♭ or A♯	1.781797	0.561231
A	1.681793	0.594604
A♭ or G♯	1.587401	0.629960
G	1.498307	0.667420
G♭ or F♯	1.414214	0.707107
F	1.334840	0.749154
E	1.259921	0.793701
E♭ or D♯	1.189207	0.840896
D	1.122462	0.890899
D♭ or C♯	1.059463	0.943874
C_x	1.000000	1.000000

図2　各音程間の相対振動数と相対弦長（Boehm [1922] 1964: 32）

音　絶対振動数　理論気柱の長さ　実際の気柱の長さ

TABLE II

Tones	Absolute Vibration Numbers	Theoretical Lengths of Air Column	Actual Lengths of Air Column
C_4	517.31	335.00mm	283.50mm
B_3	488.27	354.92	303.42
B_3♭ A_3♯	460.87	376.02	324.52
A_3	435.00	398.38	346.88
A_3♭ G_3♯	410.59	422.07	370.57
G_3	387.54	447.17	395.67
G_3♭ F_3♯	365.79	473.76	422.26
F_3	345.26	501.93	450.43
E_3	325.88	531.78	480.28
E_3♭ D_3♯	307.59	563.40	511.90
D_3	290.33	596.90	545.40
D_3♭ C_3♯	274.03	632.40	580.90
C_3	258.65	670.00	618.50

図3 絶対振動数に対する理論気柱と実際の気柱の長さ（Boehm [1922] 1964: 35）

雑になる。様々な条件を満たすために，これらは小音孔にせざるを得ず，実験でサイズが導かれた。

3オクターヴにわたり純正な音色を得るためには，音孔を正確に配置する必要がある（Boehm [1922] 1964: 26）。まずベームは，各音程間を等しく取った音階における各音の相対振動数と相対弦長との関係を提示する（図2）[24]。たとえば，オクターヴ（ド^{x}–ド$^{x+1}$）間は振動数が2倍になり弦長は半分になる。また，半音上の音に対し振動数比はすべて1.059463すなわち$\sqrt[12]{2}$である（Boehm [1922] 1964: 31–2）。すなわちベームは，平均律を採用したのである。

平均律では各音程がこのように同率で変化するため，各音程の振動数は比で導くことができる。たとえば標準音高[25] ラ^{1}の絶対振動数が435（c/s）の時，ド^{1}の絶対振動数は次のように求められる。

ラ^{1}の相対振動数：ド^{1}の相対振動数＝ラ^{1}の絶対振動数：ド^{1}の絶対振動数，

1.681793：1.000000 = 435：X

$$\frac{435 \times 1.000000}{1.681793} = 258.65$$ （Boehm [1922] 1964: 33）。

次に，各音孔の位置が求められる。フルートの全長は約670 mmであり，それは図3においてドの理論気柱の長さ，すなわち音孔をすべて閉じた場合の管長と等しいものとして記されている。しかし振動数および長さの理論的比率はどの楽器でも同じであるが，実際の気柱の長さは，楽器固有の機構に影響を受けるため，楽器によって異なる。また，実際の気柱の長さは，理論気柱の長さより短い（Boehm [1922] 1964: 33）。ベームは，歌口やコルクや音孔の位置，管の太さ等を勘案しフルートの場合，実際の気柱の長さは理論気柱より51.5 mm短くなることを算出し，それを考慮に入れて標準音高ラ^{1}＝435の場合の実際の気柱の長さを求め，それを各音孔の位置とした（Boehm [1922] 1964: 33–6）。たとえばド^{1}

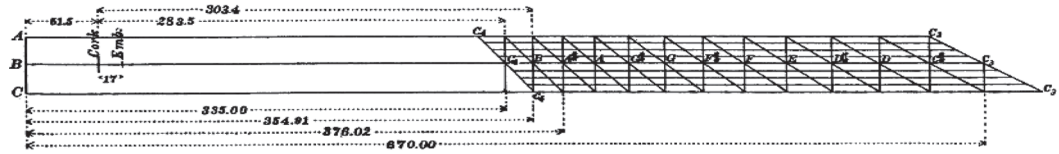

FIG. 12.
Schema for determining the positions of the tone-holes of wind Instruments at various pitches.

図4　多様な音高をもつ管楽器の音孔を配置するための図（Boehm [1922] 1964: 41）

の実際の気柱の長さ，すなわちド[1]の音孔の中心から頭部管のコルク面までの長さは，670.00 − 51.5 = 618.50 mmである。

上で導いた実際の気柱の長さすなわち音孔の位置を図で示すと次のようになる（図4）。中央の線Bは，標準音高ラ[1] = 435の場合の両端が開いたフルート管の気柱の長さである（Boehm [1922] 1964: 40）。またこれより半音高い楽器にする場合はAの線に従い管を短くし，半音低い楽器はCの線に従い長く作ればよい（Boehm [1922] 1964: 43）。

音孔以外の各部も計算と実験結果をもとに設計された。たとえば，頭部管の形状は，高音域でも正しい音程が得られるように，全長134 mm，内径19 mmの円筒管が先端で17 mmになる放物状（parabola）とした（Boehm [1922] 1964: 14–8）。歌口は音色に変化を付けるための最も重要な機構の一つであり，その孔のサイズは音量にも影響する。正確な音程で大きな音量を得るため，歌口の孔は7度の傾斜をつけて内部に切り込み，内壁の高さを4.2 mm，歌口の幅を10 mm，長さを12 mmとした（Boehm [1922] 1964: 23–4）。胴部管と足部管には15個の音孔が穿たれているが，それは指で閉じるには大きくまた離れ過ぎているため，それを開閉するための鍵が装備されている（Boehm [1922] 1964: 59）。また一本の指で数個の鍵が同時に閉じられるように，それらは系統的に連結されている（Boehm [1922] 1964: 59）。その鍵の内側には，気密性を保つための二重の薄い皮膜でくるんだフェルトが付いている（Boehm [1922] 1964: 104）。さらに管の材料は，木に代わり初めて銀が用いられた。輝かしく響く音色は，気柱の振動とフルート管の分子の振動が互いに共振し合って得られる（Boehm [1922] 1964: 53）。ベームは，軽い管の方が容易に共振を生むと考え，木の約半分の重さの銀を選択した。

この様にベームの発明は，音響学に基づく革新的なものであった。これは工業技術の賜物とも言えるだろう。たとえば，フラウト・トラヴェルソのように穿孔を手作業で行うと個体差が生じ，また量産もできなかった。しかし，近代的フルートの場合，平均律の採用により仕様が標準化され，穿孔は機械によるため速く均一に仕上がり，ある程度量産が可能になった。高価なフルートは現在でもハンドメイドだが，機械も併用している。このように，ベーム式フルートは，ピアノと同様の合理化の道をたどってきたのである。20世紀以降も様々なフルートが作られるが，それは新しい考案ではなく根幹にはベーム式があり，それに改良を加えるものである。たとえば1903年にボルヌ・ジュリオは，ベームが音孔の位置と機構を決めた図に妥協があるため，低・中音域では低く高音域では高くなる音が複数あることを指摘する。ジュリオは「スプリットE機構」を考案し，クローズドG♯キーを持つ楽器で高くなる傾向にあったミ[3]を，ベーム式の運指で正確に鳴らせるようにした（Toff [1979] 1986: 132–3=1985: 140–1）。フルートは今日も日進月歩である。しかし近代的フルートは，機械的な性質をもつ楽器になったのだろうか。

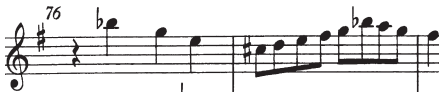

図5　J. S. Bach, [1966] 2008,《2本のフルートと通奏低音のためのソナタ ト長調 BWV 1039》Presto, Flauto traverso Ⅰ, 第76-8小節

5-5　平均律を採用した〈身体感覚〉に根ざす近代的フルート

ベームは，楽器の発表と共に運指表を提示し，その注で次のように述べる。

> 変則的な指使いは特定のパッセージを容易に奏するためだけでなく，ファ♯やソ♭といった異名異音を表現するのに役に立つ。(Boehm [1922] 1964: 74)

すなわち，ベーム式フルートは，科学の理論に基礎づけられているとはいえ，平均律に伴う欠点を息づかいや運指によって解消し，〈身体感覚〉に根ざす純正な音程を再現することを考慮して作られているのである。時を経て楽器の様相や使用目的は変わっても，近代的フルートの音色は古代の人々が聴いていたものと変わらない。それは，改良されても発音の原理には手が加えられることなく現代に至っており，人間の息がそのまま音になるという点で古代と同じだからである。息を吹き込み〈身体感覚〉を駆使しながら音色を微調整して自然倍音に従う純正な音程を得る原理は，丁度ピュタゴラスがモノコルドを弾いては協和する音程を見出したそれと同じである。つまり奏者自らが調律師なのである。たとえば，フルート・アンサンブルのチューニングでは，他の奏者の音を聴きつつ音を探り歌口に吹きこむ息の角度を微妙に変えれば，音程の不具合が解消され何人もの音が一つの純正な響きになる。フルートは古来，人間の声と同様，純正な音程を求めればそれが適う楽器であるため，発音方法を合理化する必要はなかったのである。また図5のド♯は，異名同音をとる近代的ピアノではレ♭と同じ鍵盤を押さざるを得ないが，フルートの名手ならこの異なる二音を吹き分けることができる。近代的ピアノではバッハが意図した異名異音は鳴らせないが，音程を微調整する余地を歌口に残して改良された近代的フルートなら，〈身体感覚〉(息) を駆使することにより作曲家の創意を表現することができる。フルートは，このように演奏面で〈身体感覚〉の側面を保ち現代に至っているのである。

6. む す び

本稿では，事象の理性的な側面を機械的な側面とする一方で，理性では割り切れない側面を〈身体感覚〉の側面として，楽器と音律の合理化の過程を，楽器製作と演奏の観点から検討した。そのとき，音楽の合理化とは，事象における〈身体感覚〉と機械的な側面との比重の変遷の過程であり，それが近代的なものであるほど前者の占める比重は低いということをピアノとフルートの改善の過程を対比しつつ明らかにした。手工業の賜物であった初期のピアノまでは，純正な音色を念頭に〈身体感覚〉に基づく音律を採用していた。しかし，鍵盤楽器は音が固定されるため音の微調整ができないことを承知で，近代的ピアノはコンマを切り捨て量産に最適な平均律を採用した。ピアノはこのように「変更不能の」ものに手を加え合理化を徹底したため，楽器製作および演奏面で機械的側面が台頭する。他方フルートも楽器製作面では，奏者の指が届き易い所に孔をあけた素朴な形状のものから，平均律に基づいて音孔が設計される近代的な楽器となり，〈身体感覚〉の側面は減衰した。しかしその合理化は，発音の原理に

手をつけることなく，平均律に伴う欠点を奏者が〈身体感覚〉（息）によって解消することを考慮した上でなされた。フルートは，人間の息すなわち〈身体感覚〉がそのまま音になる楽器であり，純正な音程を得る原理は，ピュタゴラスが〈身体感覚〉を駆使して協和音程を見出したそれと同じである。古代の発音の原理を保つフルートは，演奏面で〈身体感覚〉の側面がなお優位にある楽器なのである。

［付記］　本研究は，慶應義塾大学大学院博士課程学生研究支援プログラムの助成を受けた。また，村松フルート製作所の製造現場を見学させていただいた。ご教示頂いた方々に衷心より感謝申し上げたい。なお，本稿は，平成21年6月27日に行われた第49回日本社会学史学会大会の一般報告において口頭発表した原稿に加筆修正したものである。

注

1) ウェーバーは音程比を逆数で記したが，慣例では「大きい数を比の前項ないし分子」とする（安藤他　[1967] 2000: 8）。本稿もそれに従う。
2) 安藤他（[1967] 2000）はunabänderlichの訳語に「いかんとも成し難い」を用いたが，本稿は事態を表す適訳として「変更不能の」をあてた。
3) ピュタゴラスは，2台のモノコルド（一弦の音律測定楽器）を用いて音律を見出し，それを数比で表す。単純な数比ほど協和度は高い。弦長比が1:1の時（ユニゾン），2:1の時（オクターヴ），3:2の時（5度），さらにオクターヴと5度で4:3の比が見出され4度も協和する。音程をセント値（19世紀の民族音楽学者エリスによる考案）で表すと，オクターヴは1200セント，5度は702セント，4度は498セントである。（平島 2004a: 114–7）
4) 第12番目の純正5度は$\left(\frac{3}{2}\right)^{12}$，第7番目の8度（オクターブ）は $\left(\frac{2}{1}\right)^{7}$，その差は$\left(\frac{3}{2}\right)^{12} \times \left(\frac{2}{1}\right)^{7} = \frac{531441}{524288} = \frac{3^{12}}{2^{19}}$，これをピュタゴラス・コンマという（安藤他 [1967] 2000: 10）。セント値で表わすと，約24セント。
5) リンマ（余剰）は約90セントであり，平均律の半音（100セント）よりも狭い（藤枝 2007: 28）。
6) 本稿では，説明を助けるために藤枝（2007: 29）を参照し，図を作成した。
7) ［旧］中国には「十二律」という音律がある。これは，「黄鐘」を基音とし，「三分損益法」によりオクターヴを十二の音に分割して定める。その結果，ピュタゴラス音律と同一のものが導かれる（安藤他　[1967] 2000: 77）。従って，十二律はコンマやリンマも伴う。［旧］中国では支配者が変わると「黄鐘」が変更されたが，音律を構成する十二音はその都度同じ手順で求められ各音程は純正5度を保つ。それは，コンマの解消を目指した近代西洋の音楽合理化における整律とは異なる。
8) 純正律は，ラミスが考案しその成果が『音楽実践』（1482）に記される（平島 2004a: 110）。純正律は大全音（9/8）と小全音（10/9）の2個の全音をもつため，転調や移調で問題が生じる。また7つの5度のうち2番目の5度（レ－ラ）は，シントニック・コンマ（22セント）分狭い（平島 2004b: 55）。同様の音律は古くからあり，クラウディオス・プトレマイオス（83–163）は，音楽理論書にピュタゴラス音律と共に紹介している（平島 2004a: 108）。
9) 中全音律は，1523年にアーロンにより考案された。これは純正律を実用化したものであり，純正3度および11個の少し狭い5度と1個の広い5度を持つ音律である。まず，純正律で問題になった22セントのシントニック・コンマを4等分し（各5.5セント），その値を5度圏図の12個ある5度のうち11個それぞれから差し引いて各音程を統一する。すなわち，702 − 5.5 = 696.5セント（平島 2004b: 55–7）。しかし残りの1個の5度の音程は約738セントと大変広く，調性が一定範囲（♯3個，♭2個）を越えるとその5度に関与し「ウルフWolf」といううなりが生じる（平島 2004b: 57–8）。また全音は1個になり，それは純正律の大小2個の全音の和（純正3度）の半分と規定された。中全音律の名はこれに由来する。「この新しい全音2個で純正な長3度が得られる」（平島 2004a: 102）。
10) 作曲家の芥川は，音楽のリズムを「より根源的な，生命と直接かかわりをもつ力」と捉え，他方，拍子を「人工的な時間秩序」とみなす（芥川 [1971] 2006: 88）。生命事象のリズムは微細な点で変動するとしたクラーゲスも，音楽のリズムにその性質を見出す（Klages [1923] 1944 = [1971] 1994:61–5）。

11) ウルフについては，中全音律（注9）を参照のこと。
12) それは，「感情過多様式」というバロック末期の特異な様式を生む一因となった（藤枝 2007: 100–1）。
13) オクターヴ内の五個の黒鍵を上下に分割し，上部を♯系，下部を♭系にして調律すると，♯5個，あるいは♭5個までの曲に対応できる（平島 2004a: 105）。
14) ウェル・テンペラメント（wohltemperiert）は，ウルフを解消し「うまく調律する」という意味であり，調律法の考案者の名を冠しヴェルクマイスター音律，キルンベルガーの音律，ヤングの音律ともいう。この音律は，「八個の5度をピュタゴラス5度（純正5度＝702セント）」に規定し，同時に「半音階的半音を異名同音」にする。これですべての調が弾けるが，これは平均律がとる異名同音とは音色の点で全く異なる（平島 2004a: 74–5）。J. S.バッハ（1685–1750）の《Das wohltemperierte Klavier》はこの音律を念頭に書かれたが，日本では《平均律クラヴィーア曲集》と誤訳されている。
15) 木製のフレームを金属製に変える試みは1820年前後からなされ，1870年頃にスタインウェイ，プレイエル，ベーゼンドルファー等のピアノ製造会社はそれを実現させた（西原 1995: 55–61）。
16) テクラ・バダジェウスカ（1834–61）の《乙女の祈り》（1856）は，独奏や連弾用そして異なる楽器向けにも編曲され，欧米の80社以上の出版社が楽譜を出すほど人気を博した（西原 1995: 132）。
17) ピアノ業界は購買者層の拡大をねらいアップライト・ピアノの販売に力を入れる。1851年にイギリスで生産されたピアノ約2万5千台の内2万台がアップライト・ピアノであり，その売り上げは，総売上95.5万ポンドの内70万ポンドに及んだ（西原 1995: 68–9）。
18) 平均律はマラン・メルセンヌ（1588–1648）により1636年に算出されていた（『宇宙の調和 Harmonie universelle』）。しかし当時は調律に必要な音の周波数を測定しうなりを計算する機械がなかったため実用化されなかった。平均律によるピアノが販売されたのは，1842年頃である（平島 2004a: 58）。
19) 全音（ド－レ）の音程は200セント，半音（ド－ド♯）の音程は100セント。
20) 音名の右肩の数字は，音高を表す。レ^{1}は，1オクターヴ目のレである。
21) クヴァンツは次のような考案もした。低音で豊かな音色を得るために指孔にテーパーをつけその内径を大きく（20.2–20.6 mm）した（Brown 2002: 18）。初めて歌口に楕円形を用いた（Powell 2002: 113）。
22) フレット（勘所）を持つリュートやヴィオラ・ダ・ガンバの場合も同様である。奏者は，フレットをくくりつける位置を示した数式を単に目安とし，結局は「開放弦を耳で調律し，同時にフレットの微調整」を行い，演奏中その場に応じて音程を微妙に変化させる（Sadie ed. 1980=1994a: 291）。
23) ベームは1オクターヴ目のド♯をC_3♯と記したが，本稿では他と統一するためド^{1}♯と記す。
24) 表中の音名C，D，E，F，G，A，Bは，ド，レ，ミ，ファ，ソ，ラ，シを表す。
25) 標準音高A^{1}（1オクターヴ目のラ）は，第2回国際標準音会議（1939）において20° Cで440 Hzと定められた（Michels [1977] 1985=[1989] 2000: 17）。合奏ではそれを基準にチューニングする。そのような基準のない当時，音高は国や地方により異なった。ベームは音高を振動数で表している。振動数の単位は，ヘルツ（Hz）またはサイクル毎秒（c/s）である。

参考文献（訳語は適宜変更した）

芥川也寸志，[1971] 2006，『音楽の基礎』岩波書店.

安藤英治・池宮英才・角倉一朗，[1967] 2000，「訳註」『音楽社会学』創文社.

Bach, Johann Sebastian, [1966] 2008, *Triosonate G-Dur für zwei Flöten und Basso continuo, BWV 1039*, Kassel: Bärenreiter.

礒田耕治，2008，『スタインウェイピアノのゆくえ』エピック.

Boehm, Theobald, [1922] 1964, *The Flute and Flute Playing: in Acoustical, Technical, and Artistic Aspects*, Dayton C. Miller trans. and ed., New York: Dover.

Brown,Rachel, 2002, *The Early Flute: A Practical Guide*, Cambridge: Cambridge University Press.

藤枝守，2007，『増補　響きの考古学――音律の世界史からの冒険』平凡社.

Heman, Christine, 1964, *Intonation auf Streichinstrumenten: Melodisches und Harmonisches Hören*, Basel: Bärenreiter.（＝1980，竹内ふみ子訳，『弦楽器のイントネーション』シンフォニア.）

平島達司，2004a，『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 復刻版』ショパン.

平島達司，2004b，『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 復刻版』ショパン.

Klages, Ludwig, [1923] 1944, *Vom Wesen des Rhythmus*, Zürich/ Leipzig: Gropengiesser.（= [1971] 1994，杉浦実訳『リズムの本質』みすず書房.）

Michels, Ulrich, [1977] 1985, *dtv-Atlas zur Musik*, München: Deutscher Taschenbuch.（= [1989] 2000，角倉一朗監修『カラー　図解音楽事典』白水社.）

溝部国光，1975，『正しい音階』日本楽譜.

Mozart, Wolfgang Amadeus, 1989, *Konzert in C für Flöte und Klavier (Cembalo) nach dem Konzert für Flöte, Harfe und Orchester*, KV 299, Kassel: Bärenreiter.

西原稔，1995，『ピアノの誕生』講談社.

Powell, Ardal, 2002, *The Flute*, New Haven/London: Yale University Press.

Quantz, Johann Joachim, 1752, *Versuch einer Anweisung die Flöte traversiere zu spielen*.（= 1976，井本晌二・石原利矩訳，『クヴァンツ・フルート奏法試論』シンフォニア.）

Rosen, Charles, 2002, *Piano Notes: The World of the Pianist*, New York: Free Press.（= 2009，朝倉和子訳，『ピアノ・ノート――演奏家と聴き手のために』みすず書房.）

Sadie, Stanley ed., 1980, *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*.（= 1994a，柴田南雄・遠山一行総監修，『ニューグローヴ世界音楽大事典 第4巻』講談社.）

Sadie, Stanley ed., 1980, *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*.（= 1994b，柴田南雄・遠山一行総監修，『ニューグローヴ世界音楽大事典 第5巻』講談社.）

Sadie, Stanley ed., 1980, *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*.（= 1996a，柴田南雄・遠山一行総監修，『ニューグローヴ世界音楽大事典 第12巻』講談社.）

Sadie, Stanley ed., 1980, *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*.（= 1996b，柴田南雄・遠山一行総監修，『ニューグローヴ世界音楽大事典 第14巻』講談社.）

Sadie, Stanley ed., 1980, *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*.（= 1996c，柴田南雄・遠山一行総監修，『ニューグローヴ世界音楽大事典 第15巻』講談社.）

Toff, Nancy, 1979, *The Development of the Modern Flute*, New York: Taplinger. Reprinted in: 1986, Urbana/Chicago: University of Illinois Press.（= 1985，みつとみとしろう訳『フルートはいま――現代フルートのあゆみ』音楽之友社.）

Weber, Max, [1921] 1956, "Die rationalen und soziologischen Grundlagen der Musik," *Wirtschaft und Gesellschaft: Grundriss der verstehenden Soziologie*, vierte, neu herausgegebene Auflage, besorgt von Johannes Winckelmann, Anhang, Tübingen: J.C.B.Mohr, 877–928.（= [1967] 2000，安藤英治・池宮英才・角倉一朗訳解『音楽社会学』創文社.）

吉田雅夫，1980，『フルートと私』シンフォニア.

吉田雅夫，1997，『よい演奏をするために』シンフォニア.