

41平均律の基礎

...

非ミーントーンを知る

| | |
|----|----|
| ↓D | ↓E |
| ♯C | ♯D |
| ♭D | ♭E |
| ↑C | ↑D |

| | | |
|----|----|----|
| ↓G | ↓A | ↓B |
| ♯F | ♯G | ♯A |
| ♭G | ♭A | ♭B |
| ↑F | ↑G | ↑A |

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| ↗C | ↗D | ↗E | ↗F | ↗G | ↗A | ↗B |
| C | D | E | F | G | A | B |
| ↘C | ↘D | ↘E | ↘F | ↘G | ↘A | ↘B |

- 41平均律の旨味
- 非“ミーントーン”音律
- 基本的な構造
- モンゾとヴァル
- 緩和されるコンマ
- 主要なMOSスケール
- DTMでの実践
- 31平均律の演奏

41平均律の旨味

どんないいことがあるか

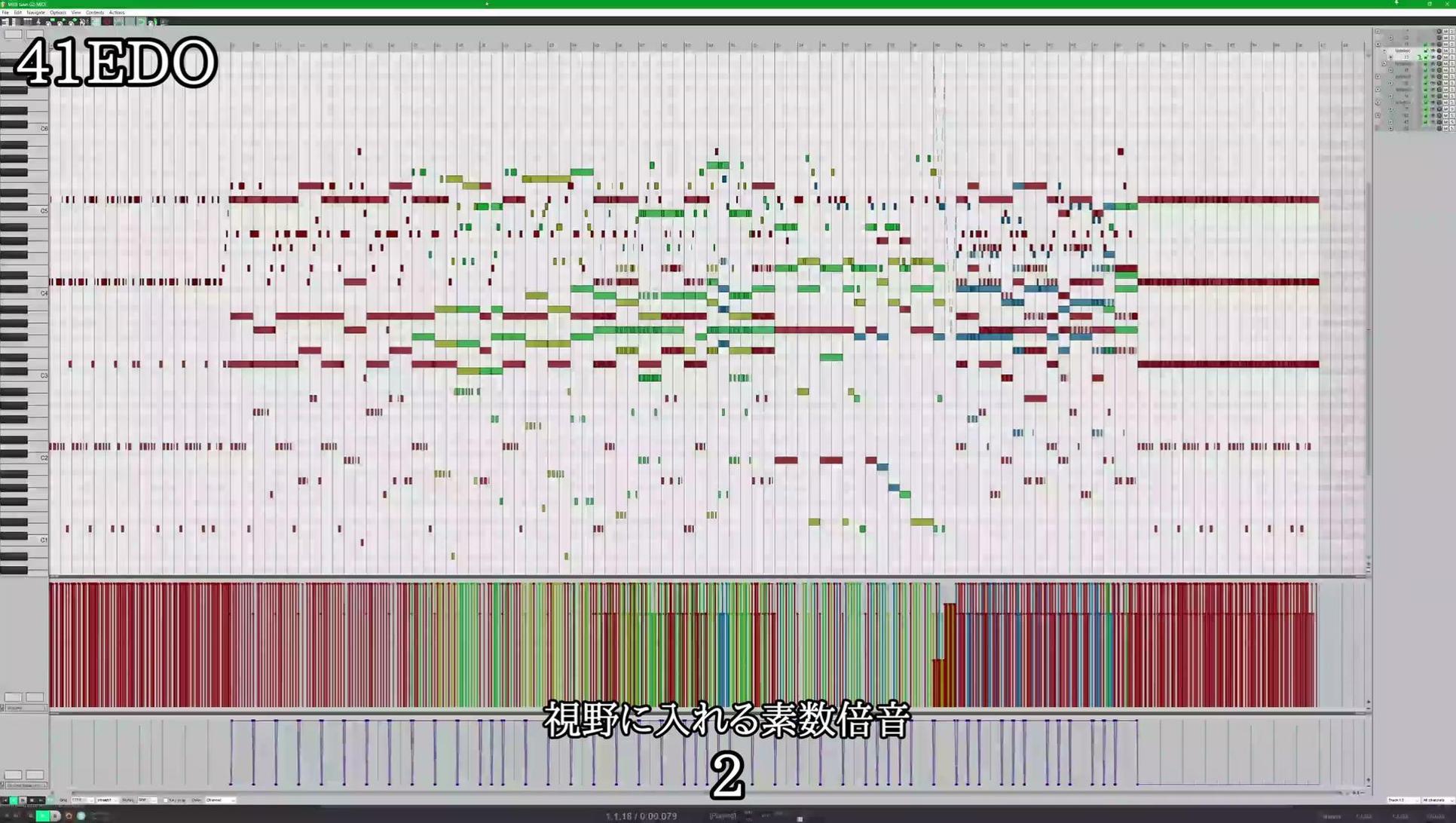
新たな協和の可能性の模索

既存の音楽システムの再確認

既存の西洋の調性音楽システムからの脱却

既存の西洋の調性音楽の問題点の打破

41EDO



ミーントーン音律の復習い (31平均律と比べて)

完全5度は良く協和する

ピタゴラスが見つけた ドとソの間隔=完全5度



周波数比は $3/2$

$$1200 \log_2 \left(\frac{3}{2} \right) = 701.9550\dots$$

ピタゴラス音律ではこの完全5度を積み上げて音階を作った

当時はド～ミ間はディトノスと呼ばれ不協和として扱われた

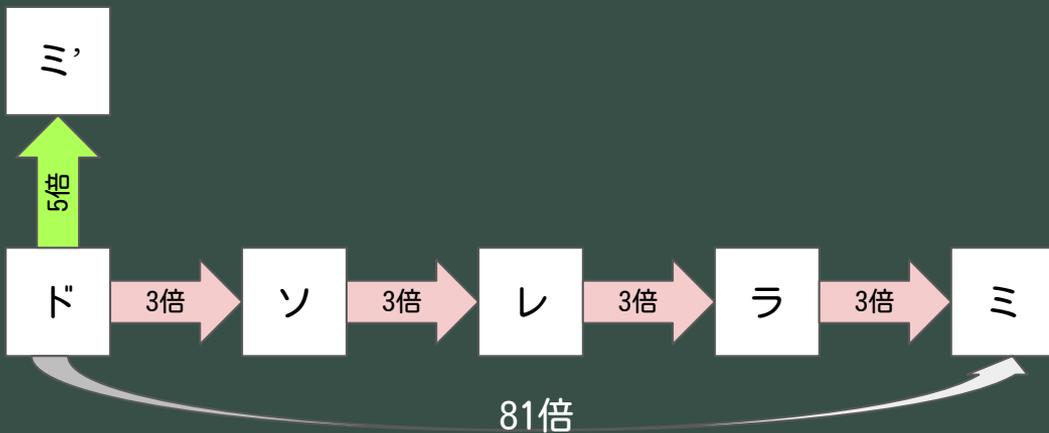


長3度の協和が発見される

周波数比は 5/4

アルキタスが発見

5倍という音程は2倍と3倍の繰り返しでは得られない音程



純正律の登場

ピタゴラス音律



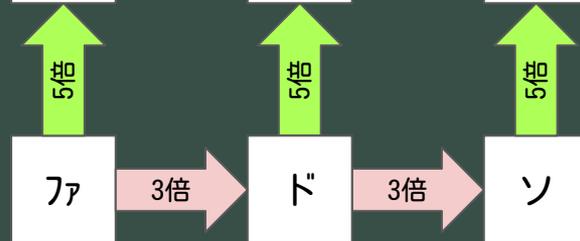
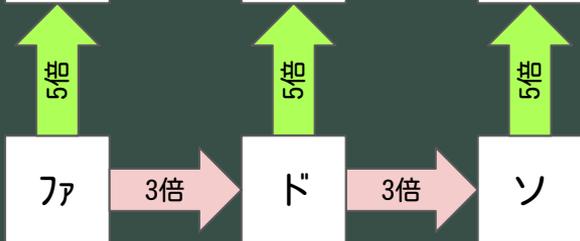
プトレマイオスの強烈なダイアトニック

ラミス律



純正律 (2種類)

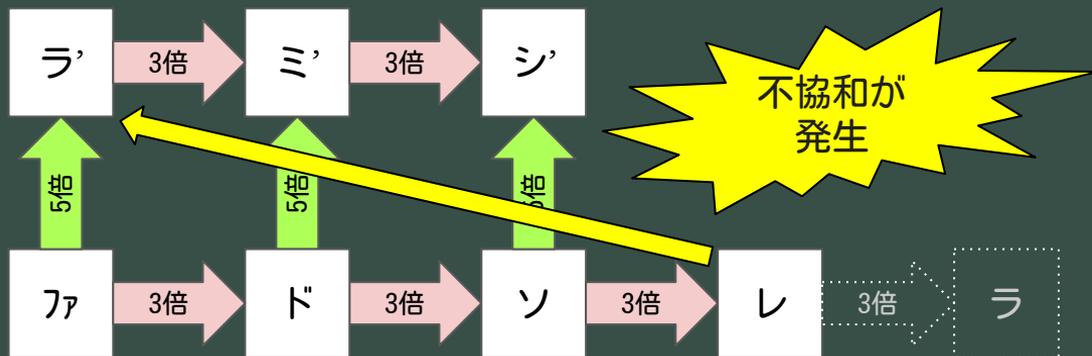
5倍の協和を3箇所を使用



純正律の問題点

レ～ラ間は3倍ではないので不協和が発生

この二つの「ラ」と「ラ'」では81/80の差(シントニックコンマ)があるので、レ～ラ'間には不協和が発生する



中全音律～31EDOまで

The diagram illustrates the interval structure of a 31-EDO scale. It consists of a 2x7 grid of cells. The top row contains the intervals: 大 全 音 (Major 2nd), 小 全 音 (Minor 2nd), 全 音 階 的 半 音 (Whole-tone chromatic semitone), 大 全 音 (Major 2nd), 小 全 音 (Minor 2nd), 大 全 音 (Major 2nd), and 全 音 階 的 半 音 (Whole-tone chromatic semitone). The bottom row contains: 中 全 音 (Major 3rd), 中 全 音 (Major 3rd), 全 音 階 的 半 音 (Whole-tone chromatic semitone), 中 全 音 (Major 3rd), 中 全 音 (Major 3rd), 中 全 音 (Major 3rd), and 全 音 階 的 半 音 (Whole-tone chromatic semitone). Above the grid is a row of 10 grey blocks, and below is a row of 10 colored blocks (yellow, blue, red, green).

| | | | | | | |
|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------------|
| 大 全 音 | 小 全 音 | 全 音 階 的 半 音 | 大 全 音 | 小 全 音 | 大 全 音 | 全 音 階 的 半 音 |
| 中 全 音 | 中 全 音 | 全 音 階 的 半 音 | 中 全 音 | 中 全 音 | 中 全 音 | 全 音 階 的 半 音 |

中全音律の誕生

5倍音の単音程転回(4オクターブ補正の為 2^4 掛けると80倍)

と、単音程転回3倍音の4回の積み上げ $3^4=81$ 倍

3倍の不連結や不協和を解消する

中全音律の完全5度は、5倍音を4分割する

純正完全5度:701.96¢ 5倍音:2786.31¢ $2786.31 \div 4 = 696.58$

$$1200 \log_2 \frac{3}{2} \approx 701.96 \quad 1200 \log_2 \sqrt[4]{5} \approx 696.58 \quad \therefore \frac{3}{2} \approx (\sqrt[4]{5})$$



80倍=5×16倍

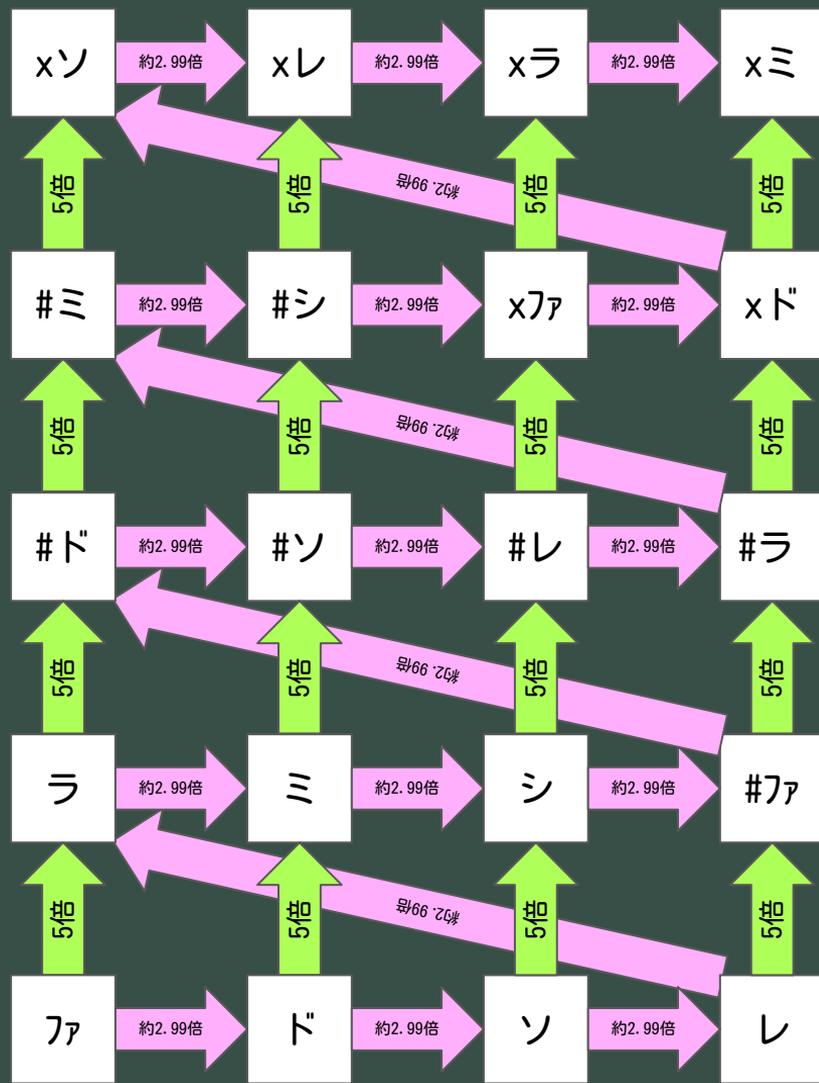
31平均律(ミーントーンEDO代表)

中全音律の縮んだ完全5度を繰り返し、
31回目に元の音に近い音程が出現した

この過程で**全音**が**5分割**される

マルケット・カーラの研究を参考にしながら
ファビオ・コロンナがニコラの楽器の調査として
中全音律の拡張について記述した
(1618年)

$$1200 \log_2 \left(\frac{\sqrt[4]{5^{31}}}{2^{18}} \right) \approx -6.07$$



31平均律(ミーン・トーンED0代表)

中全音律の縮んだ完全5度を繰り返して31回目に元の音に近い音出現

この過程で

マーケット・カ

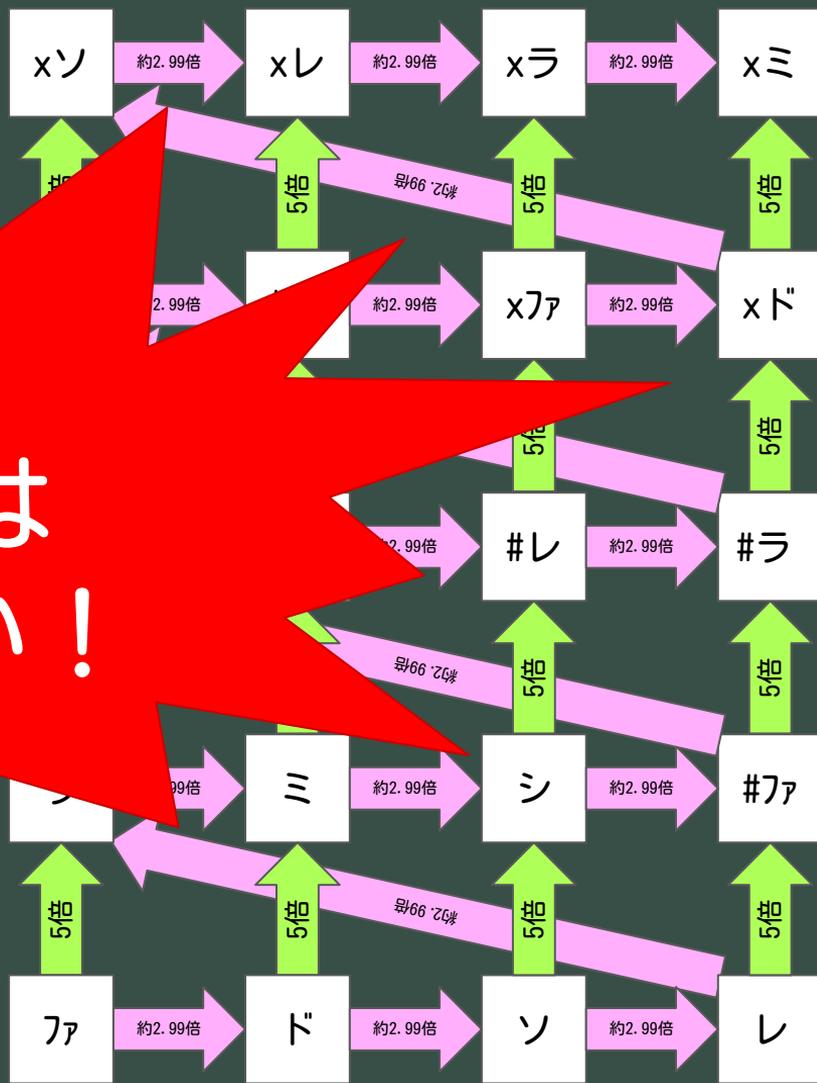
ファドナ

して中全音

(1618年)

41EDOでは
成立しない!

$$1200 \log_2 \left(\frac{\sqrt[4]{5^{31}}}{2^{18}} \right) - 6.07$$



非“ミーントーン”音律

スキスマティック音律

純正 5度 “線”

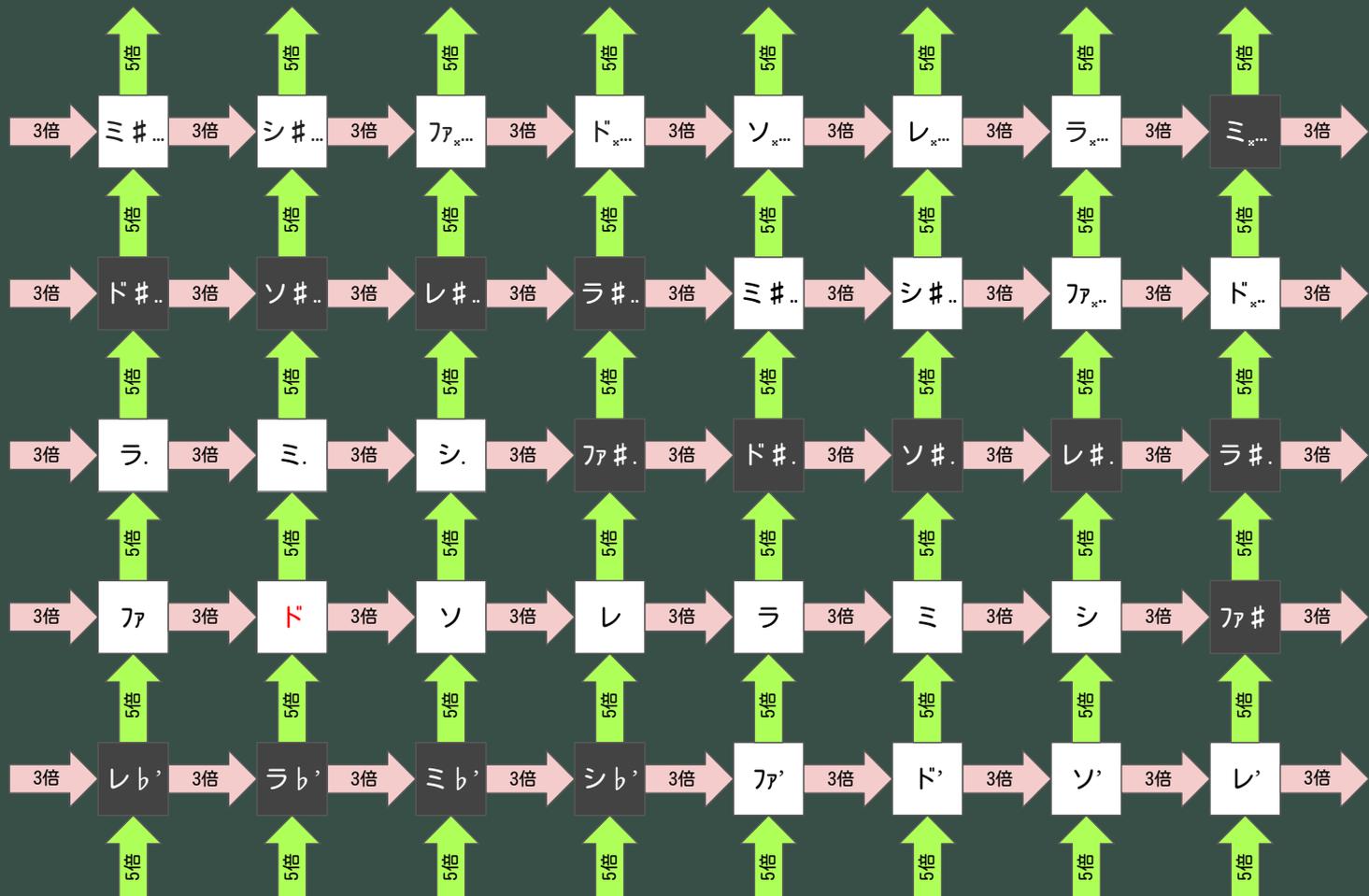
ピタゴラス音律



延々続けられる

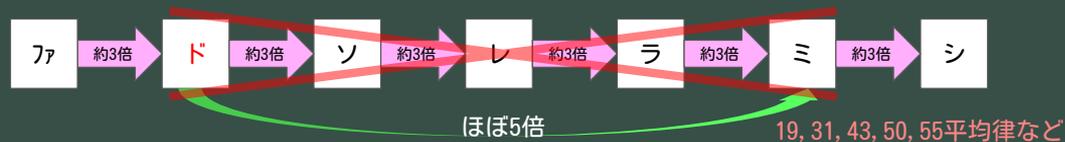


純正 5度3度平面



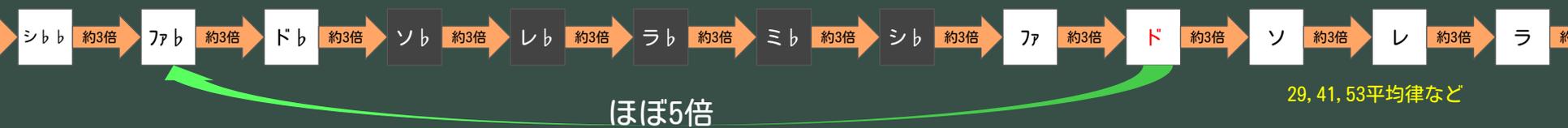
純正律(5-limit)

スキスマティック音律



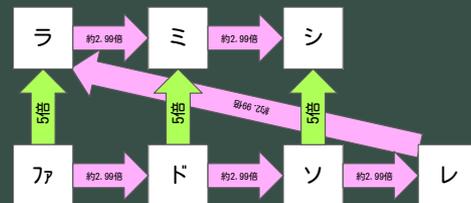
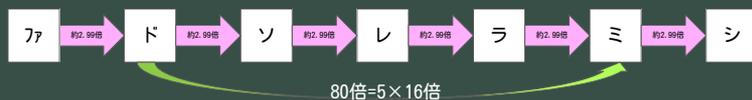
ミを5倍に補整する代わりに

♭ファ側で補整を模索

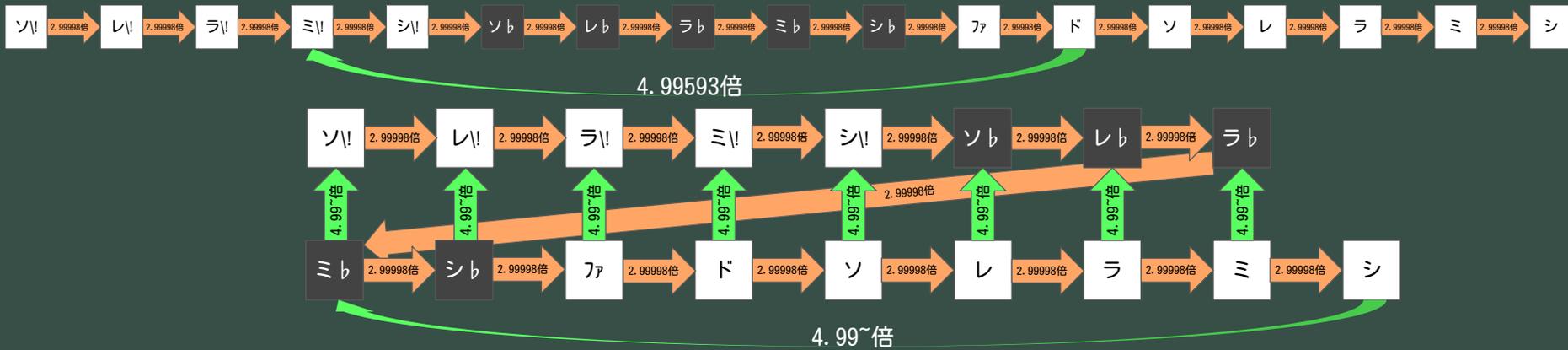


ある意味逆の発想

ミーントーン

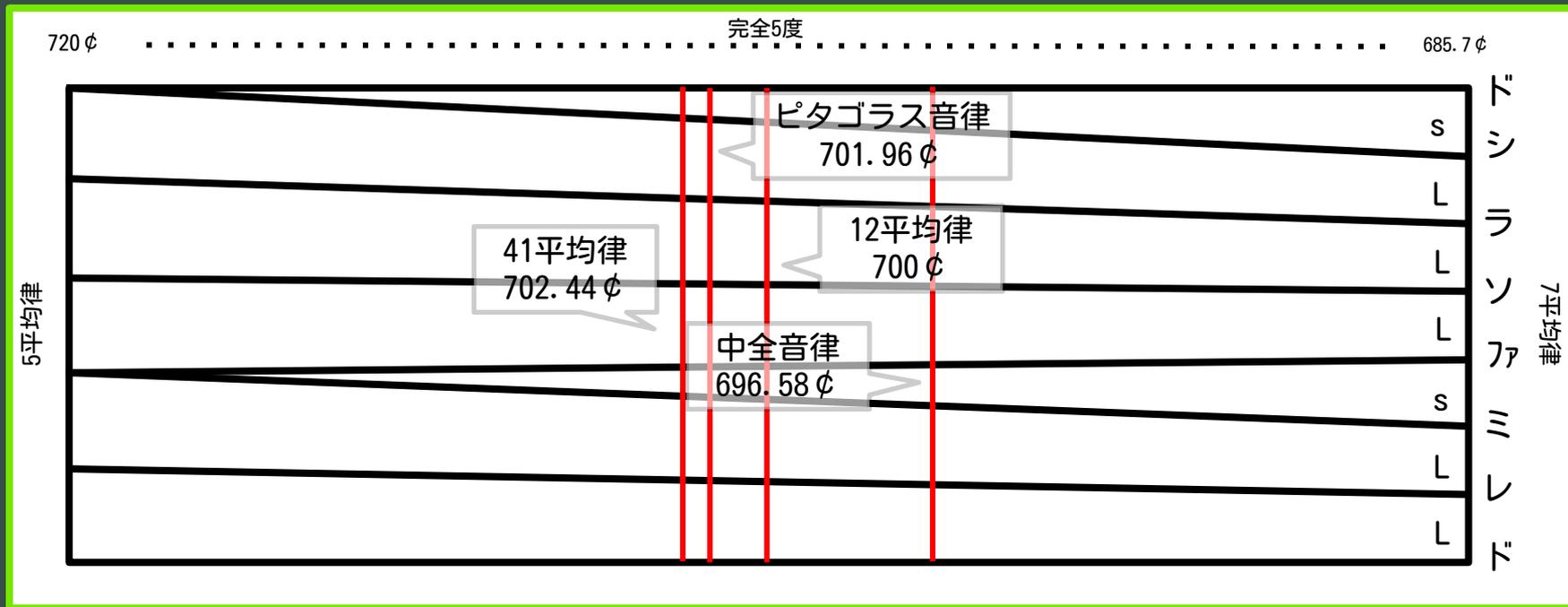


スキスマティック



ピタゴラス音律と中全音律の比較

41ED0は「ピタゴラス音律」寄り



ダイアトニックの音律比較

←ハード

ソフト→

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EDO | 5 | 27 | 22 | 17 | 46 | 29 | 41 | 53 | 12 | 55 | 43 | 31 | 50 | 19 | 26 | 33 | 7 |
| 全音: | 1 | 5 | 4 | 3 | 8 | 5 | 7 | 9 | 2 | 9 | 7 | 5 | 8 | 3 | 4 | 5 | 1 |
| :C.半音 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 5 | 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 完全5度(φ) | 720.00 | 711.11 | 709.09 | 705.88 | 704.35 | 703.45 | 702.44 | 701.89 | 700.00 | 698.18 | 697.67 | 696.77 | 696.00 | 694.74 | 692.31 | 690.91 | 685.71 |

Superpyth

Pythagor ian

Meantone

Flattone

基本的な構造

41平均律の基本的な性質

鍵盤の模式図

全音

7ステップ

全音階的半音(ミ～ファ間)

3ステップ

半音階的半音(ド～#ド間)

4ステップ

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| | ↓D | ↓E | | ↓G | ↓A | ↓B |
| | ♯C | ♯D | | ♯F | ♯G | ♯A |
| | ♭D | ♭E | | ♭G | ♭A | ♭B |
| | ↑C | ↑D | | ↑F | ↑G | ↑A |
| ↑C | ↑D | ↑E | ↑F | ↑G | ↑A | ↑B |
| C | D | E | F | G | A | B |
| ↓C | ↓D | ↓E | ↓F | ↓G | ↓A | ↓B |

5度「線」

5度圏は循環しない直線

Fより4度側には♭がつく

Bより5度側には♯がつく

楽典もこれに則ってできている

(例)

♯Fマイナーキーでの属七の和音(♯C7)など

→(♯C, ♯E, ♯G, B)

| 詳細度数 | 音名 | 調号 | |
|------|----|----|-----------------|
| 重増 | 7 | B | × × × × × × × × |
| | 3 | E | × × × × × × × × |
| | 6 | A | × × × × × × × × |
| | 2 | D | × × × × × × × × |
| | 5 | G | × × × × × × × × |
| | 1 | C | × × × × × × × × |
| | 4 | F | × × × × × × × × |
| 増 | 7 | B | × × × × × × × × |
| | 3 | E | × × × × × × × × |
| | 6 | A | × × × × × × × × |
| | 2 | D | × × × × × × × × |
| | 5 | G | × × × × × × × × |
| | 1 | C | × × × × × × × × |
| | 4 | F | × × × × × × × × |
| 長 | 7 | B | × × × × × × × × |
| | 3 | E | × × × × × × × × |
| | 6 | A | × × × × × × × × |
| | 2 | D | × × × × × × × × |
| 完全 | 5 | G | × × × × × × × × |
| | 1 | C | × × × × × × × × |
| | 4 | F | × × × × × × × × |
| | 7 | B | × × × × × × × × |
| 短 | 3 | E | × × × × × × × × |
| | 6 | A | × × × × × × × × |
| | 2 | D | × × × × × × × × |
| | 5 | G | × × × × × × × × |
| | 1 | C | × × × × × × × × |
| | 4 | F | × × × × × × × × |
| | 7 | B | × × × × × × × × |
| 減 | 3 | E | × × × × × × × × |
| | 6 | A | × × × × × × × × |
| | 2 | D | × × × × × × × × |
| | 5 | G | × × × × × × × × |
| | 1 | C | × × × × × × × × |
| | 4 | F | × × × × × × × × |
| | 7 | B | × × × × × × × × |
| 重減 | 3 | E | × × × × × × × × |
| | 6 | A | × × × × × × × × |
| | 2 | D | × × × × × × × × |
| | 5 | G | × × × × × × × × |
| | 1 | C | × × × × × × × × |
| | 4 | F | × × × × × × × × |
| | 7 | B | × × × × × × × × |

記譜体系

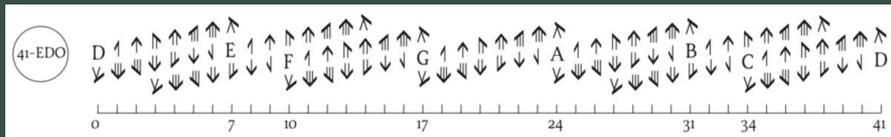
臨時記号による記譜方法は、半音階的半音を4分割する体系

<https://en.xen.wiki/w/41edo>

| Step offset | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sharp symbol | | | | | | | | | | |
| Flat symbol | | | | | | | | | | |

記譜体系

サジタル記号による記号体系

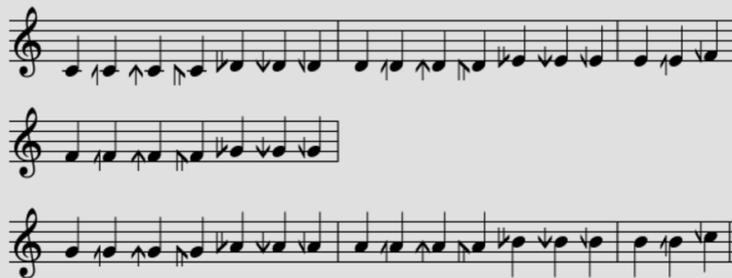


41-EDO Revo Sagittal notation

(default spellings)

CD = 7 41
↑↑ CG = 24
EF = 3 ♯ = 4

√ = -5C (~80/81), ↑ = -11M (~33/32), ♯ = ♯, ↑ = ♯



41-EDO Evo Sagittal notation

(default spellings)

CD = 7 41
↑↑ CG = 24
EF = 3 ♯ = 4

√ = -5C (~80/81), ↑ = -11M (~33/32)



41-EDO Evo-SZ Sagittal notation

(default spellings)

CD = 7 41
↑♯ CG = 24
EF = 3 ♯ = 4

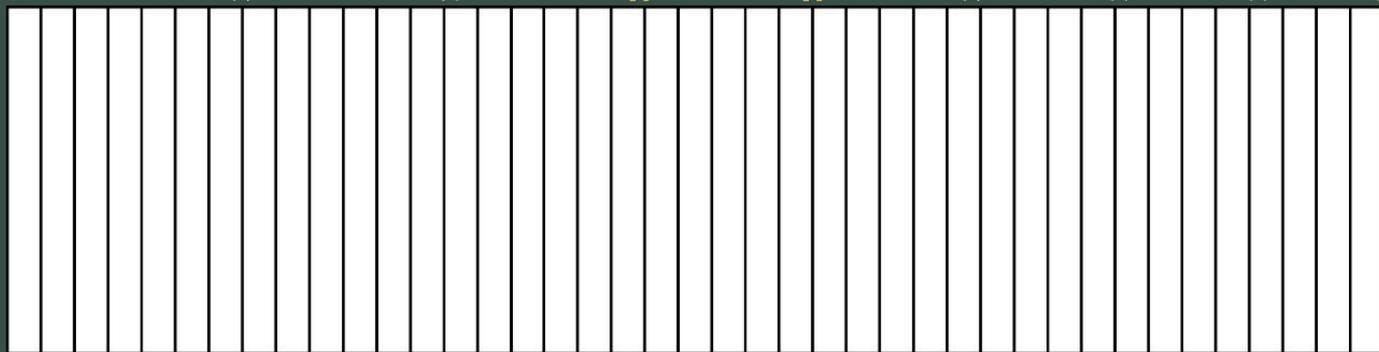
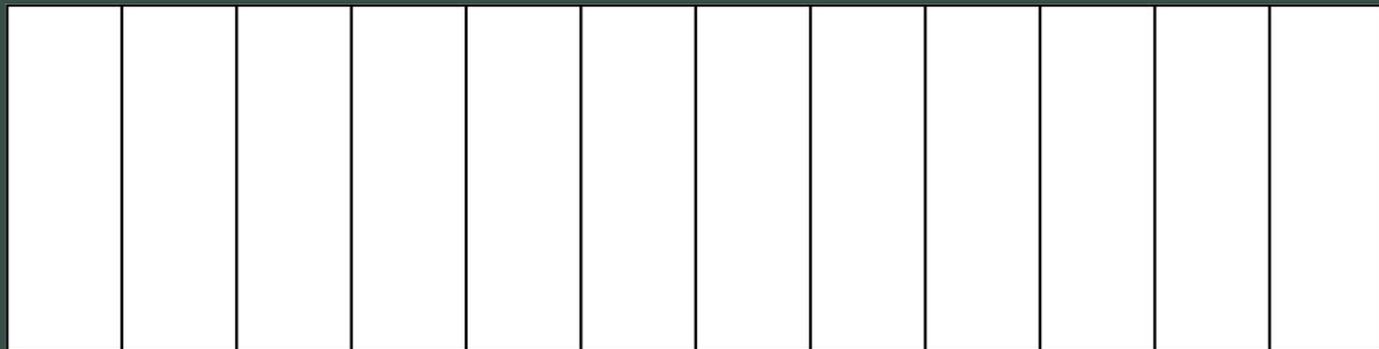
√ = -5C (~80/81), ♯ = -11M (~33/32)



倍音との近似

| 周波数比 | 24平均律 | 41平均律 |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 2:3 の音程 (完全5度) 701.955セント | 完全5度, 14番目 700.000セント | 完全5度, 24番目 702.439セント |
| 4:5 の音程 (純正長3度) 386.314セント | 長3度, 8番目 400.000セント | 純正的長3度, 13番目 380.488セント |
| 4:7 の音程 (自然7度) 968.826セント | 縮7度, 19番目 950.000セント | ***, 33番目 965.854セント |
| 8:11 の音程 551.318セント | 長4度, 11番目 550.000セント | ***, 19番目 556.098セント |
| 8:13 の音程 840.528セント | 中立6度, 17番目 850.000セント | ***, 22番目 848.780セント |

倍音との近似



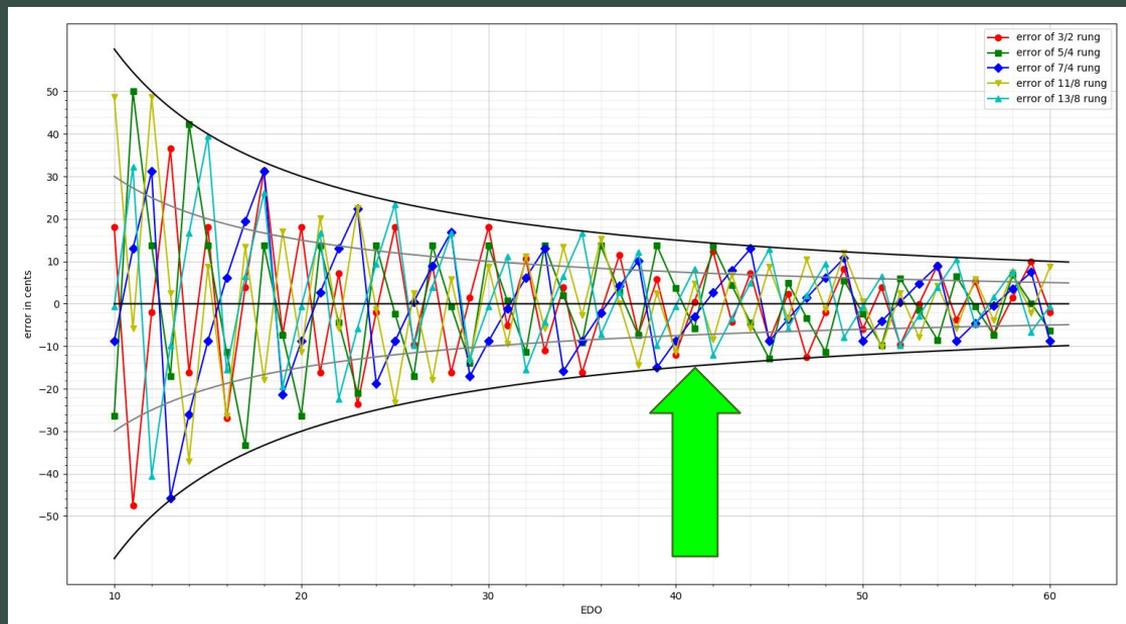
新たな協和の可能性の模索

素数倍音の近似精度が

バランスよく高い

特に3倍音

https://en.wikipedia.org/wiki/Equal_temperament#/media/File:EDO_errors.png



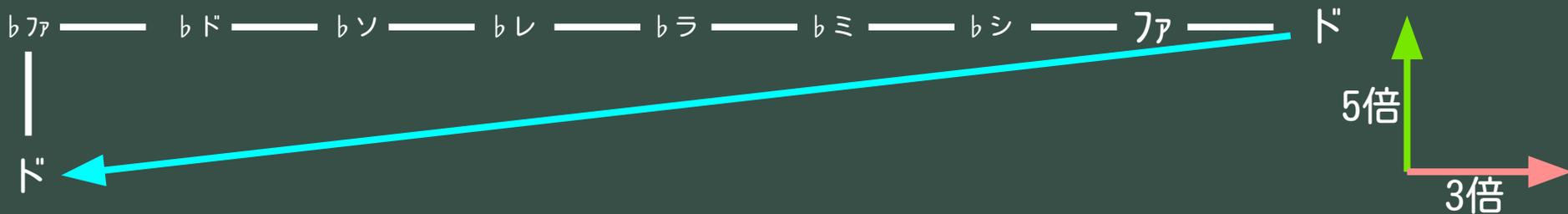
| \ | 純正律 | 31平均律 | 41平均律 |
|------|---------|---------|---------|
| 3/2 | 701.955 | 696.774 | 702.439 |
| 5/4 | 386.314 | 387.097 | 380.487 |
| 7/4 | 968.826 | 967.742 | 965.854 |
| 11/8 | 551.318 | 541.935 | 556.098 |

緩和されるコマ

41平均律が緩和するコンマ

Schisma 32805/32768

| -15 8 1 0 0 0 >



5度圏を8個戻った音、**減4度**が**純正長3度**に近似する性質

これを緩和する音律は「Schismatic」と呼ばれ、
ダイアトニック(クロマティック)スケールを下方に
拡張した音楽を演奏できる。



19平均律や31平均律はこのコンマを緩和できない

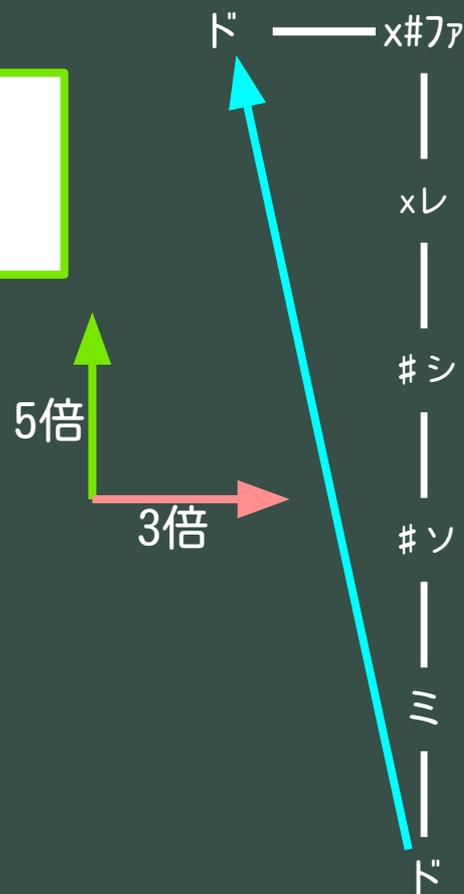
41平均律が緩和するコンマ

| | | | | | | |
|-------------|-----------|---|---|---|---|---|
| Magic comma | 3125/3072 | | | | | |
| -10 | -1 | 5 | 0 | 0 | 0 | > |

純正長3度 $5/4$ の5回の堆積が
完全12度 $3/1$ になる

これを緩和する音律は「Magic」と
呼ばれる。

19平均律でもこのコンマを緩和する。



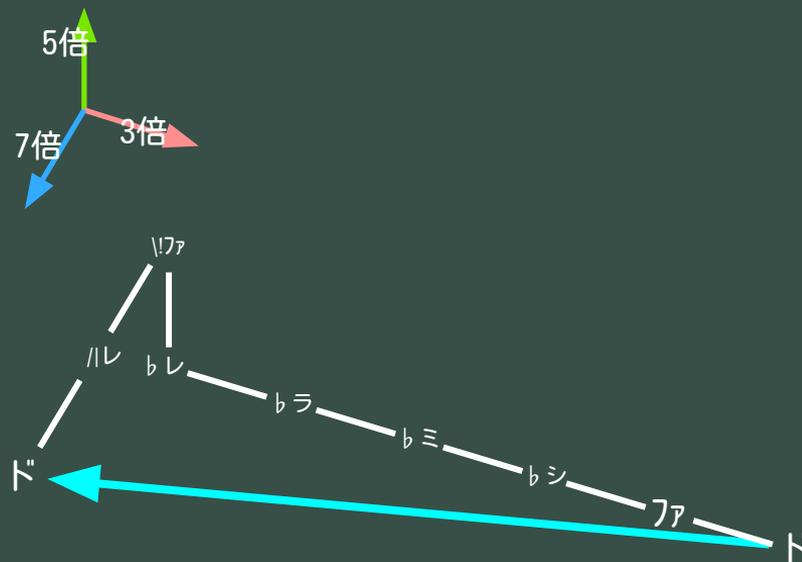
41平均律が緩和するコンマ

Sensamagic comma 245/243
| 0 -5 1 2 0 0 >

ポーレンピアース等分音律が緩和する。

ラムダ旋法がMOSとなる要素である。
これを緩和する音律は「Boh-Pier」とも
呼ばれる。

| | | | | | | |
|----|---|---|---|---|----|----|
| Bb | F | A | E | J | D | H# |
| Db | H | C | G | B | F# | |
| Bb | F | A | E | J | D | H# |

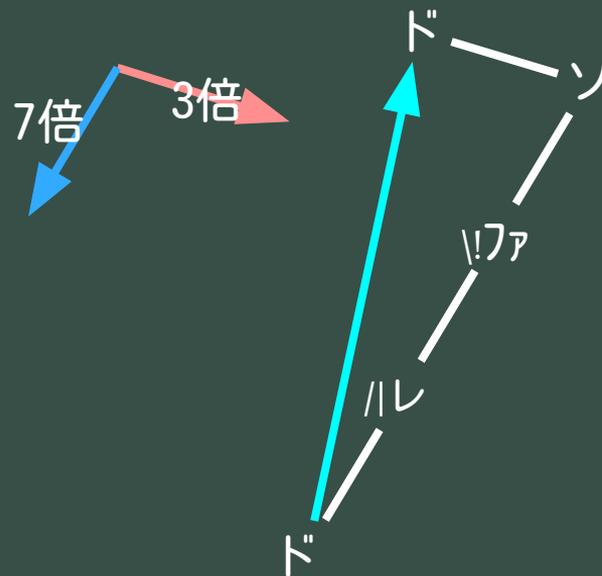


41平均律が緩和するコンマ

| | | | | | | | |
|--|-----------|---|---------|---|---|---|---|
| | Gamelisma | | 225/224 | | | | |
| | -10 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | > |

下方7倍音の単音程転回還元位置8/7が
完全5度を3分割する性質

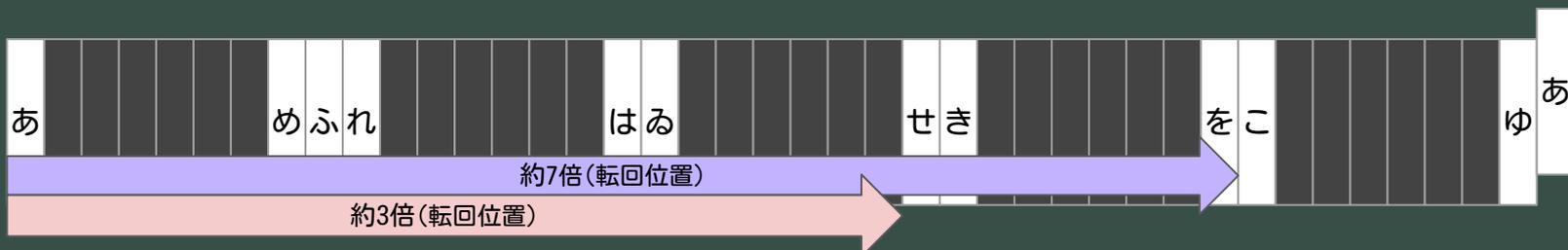
これを緩和する音律は「Slendric」と呼ばれ、
バリのガムランのような音階を再現できる



7倍音由来の音階構築 (41平均律の例)

Slentonic (Mothra[11])

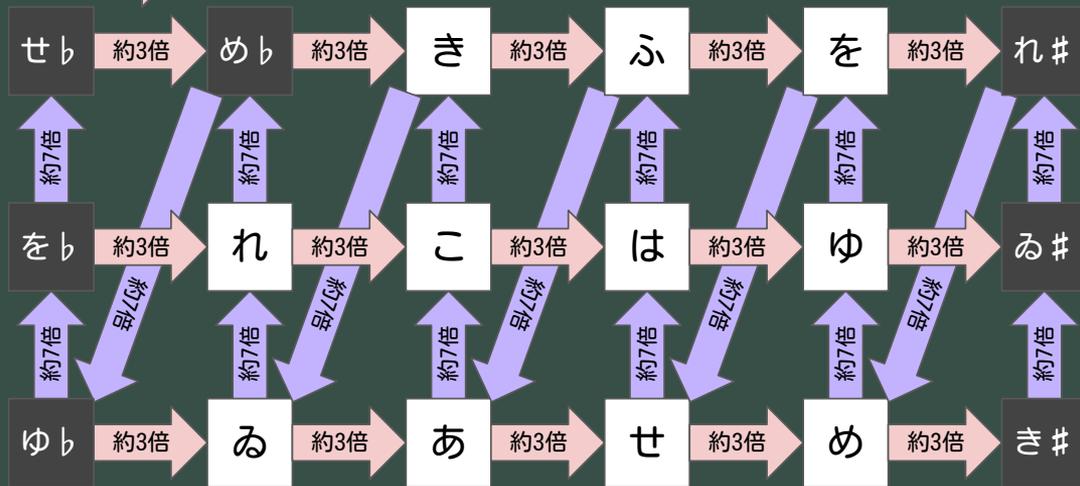
Shivaスケール



自然7度とオクターブの差
(約7:8)の音程が、
完全4度(4:3)をほぼを3等分
することを応用して音階生成

後述

1029/1028の周波数比を緩和する音階



41平均律が緩和するコンマ

Rastma 243/242

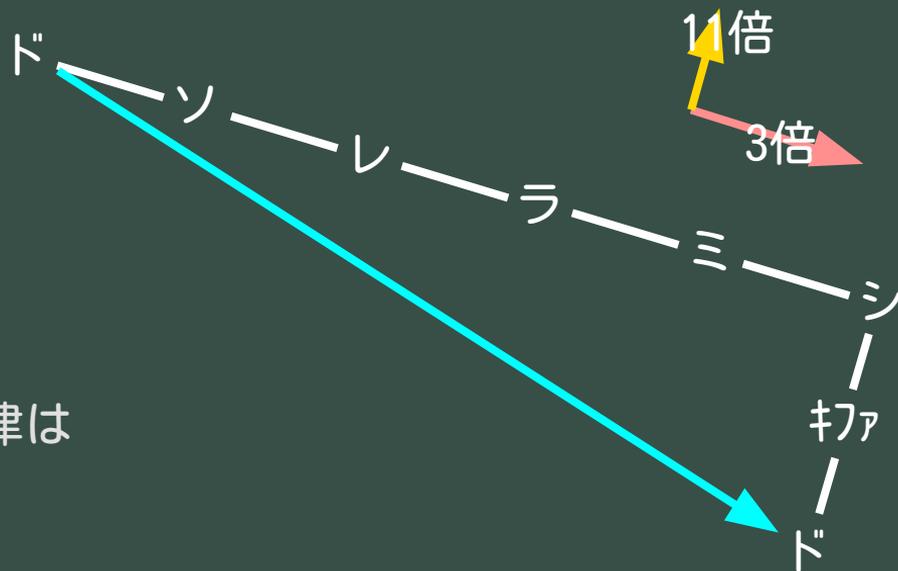
| -1 5 0 0 -2 0 >

長3度と短3度の間に位置する
中立3度が11/9に近似し、
これが完全5度を2等分する性質

中東の音階「マカーム」は潜在的にこのコンマを緩和しており、
マカームの一種「ラースト」(راست)が命名の由来になった

中東の音階との親和性大

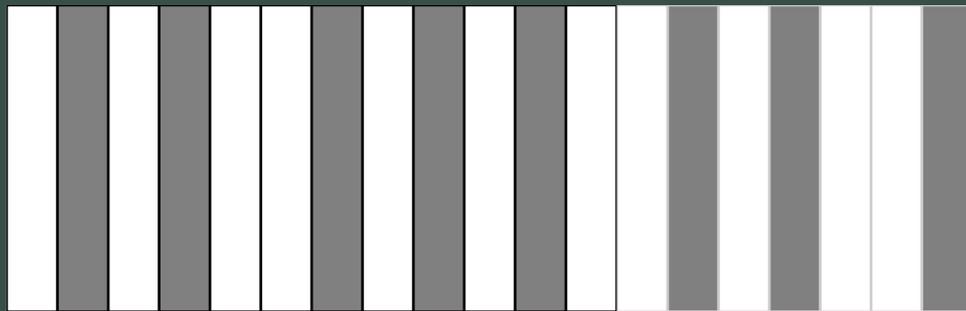
Syntonic commaと合わせて緩和する音律は
「Mohaha」と呼ばれる



ポーレンピアース(等分)音律とその近似

3倍音までの音程を13等分した音律

もとより不等分も扱っていたが
等分平均律を指すことが増えてきているのでこちらを扱う

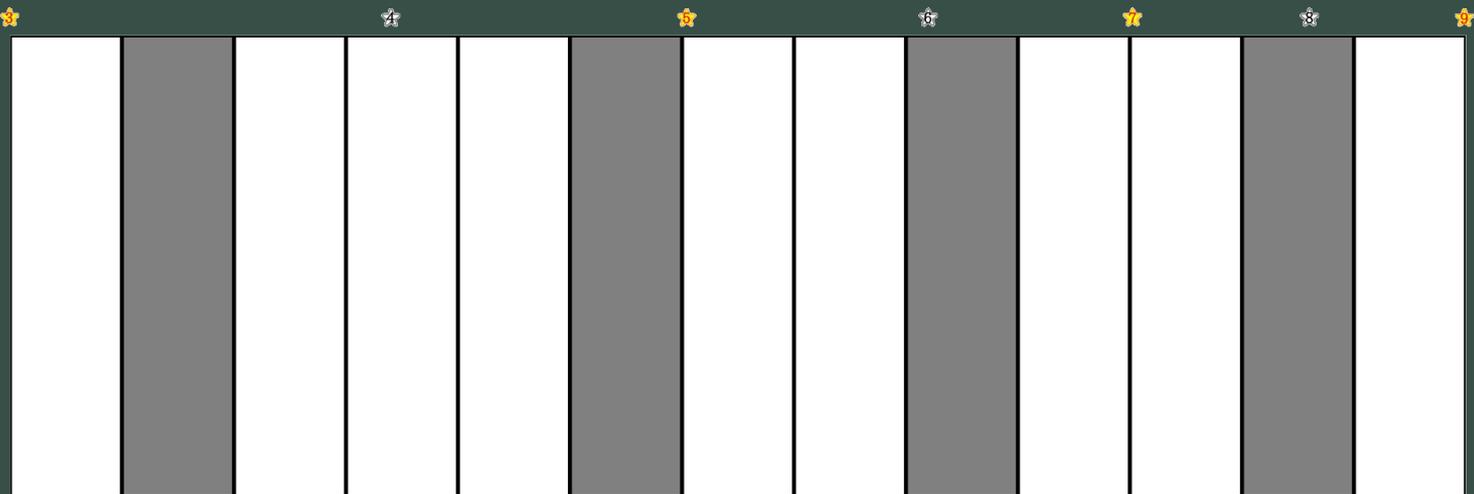




ボーレンの発想の元

長三和音の周波数比→4 : 5 : 6

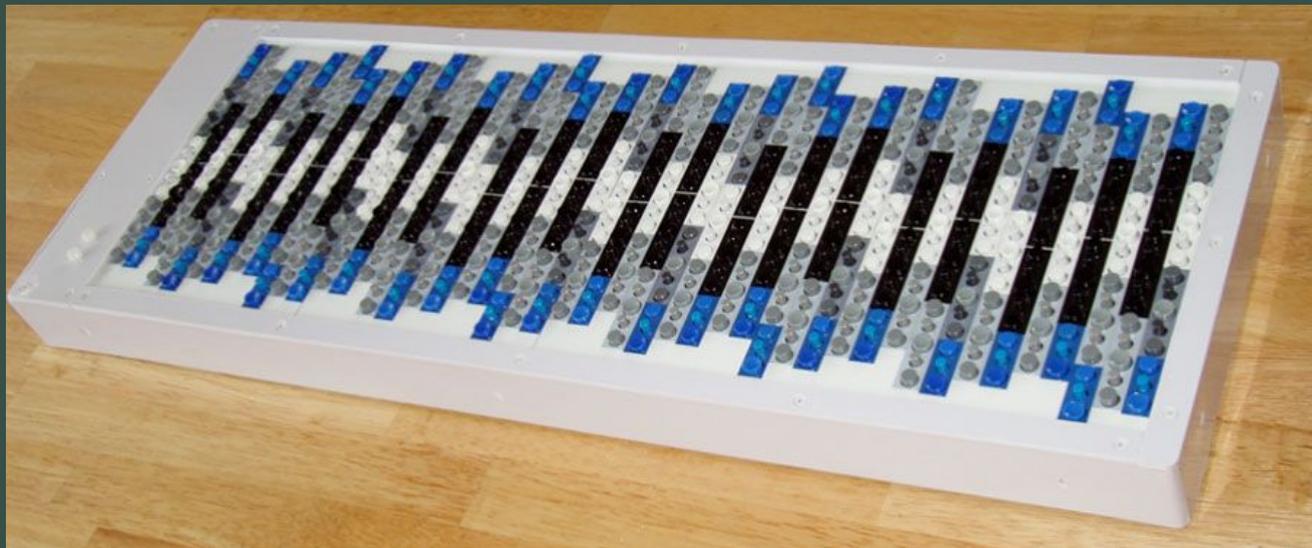
これに対して「3 : 5 : 7」はどのようなになるか
→偶然にも3倍音までが13分割される



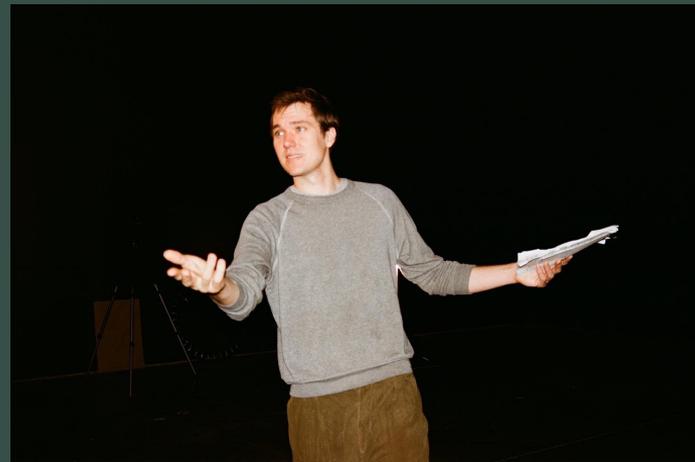
41平均律の演奏

Tonal Plexus (2006~2014) 販売終了

オクターブあたり211ボタン(205音)を備えたキーボード
主に41平均律の演奏を容易にする。



リッチー・グリーン氏の楽器



<https://richiegreene.com/>

Metallophones



Xenachord

楽器

均等なフレットでは
演奏は気合い





ありがとうございました。