同じ母音でも、高い声ほど形が粗くしか測れない

— 長さ **0.175** m の一様な管の共鳴は **490.000000・1470.000000・2450.000000** Hz で、奇数倍に並ぶ（第 **2** は第 **1** のちょうど **3.000000** 倍） — 分離子は、包絡が標本化されるか、標本の隙間に落ちるか — [論文703]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

声の高さと母音は独立に変えられる。高い声でも「あ」は「あ」である。だが独立なのは作る側の話で、読み取る側では高い声ほど不利になる。その不利を数で置く。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、共鳴は、声の高さに依らない——長さ 0.175 m の一様な管の第 1 共鳴は 490.000000 Hz で、基本周波数を 100 Hz にしても 400 Hz にしても同じである（第2節）。 第二に、共鳴は、管の長さには依る——0.140 m なら 612.500000 Hz、0.190 m なら 451.315789 Hz になる。母音を決めるのは口の形であって、声の高さではない（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。読み取る側では、高い声ほど標本が少ない——3000 Hz までに立つ倍音は 100 Hz の声で 30 本、400 Hz の声で 7 本しかなく、粗さは 4.285714 倍違う（第3節）。 第四に、共鳴の位置は、標本の隙間に落ちうる——第 1 共鳴 490 Hz に最も近い倍音との隔たりは、100 Hz の声で 10.000000 Hz、400 Hz の声で 90.000000 Hz である（第3節）。 第五に、だから「独立に変えられる」は、作る側だけの話である——音源とフィルタは掛け算で重なるが、聞く側が見るのは掛けたあとの標本だけである（第3節）。 第六に、分離子は、包絡が標本化されるか、標本の隙間に落ちるかである——同じ形が在っても、当たる点が無ければ読めない（第4節）。 キーワード：音源とフィルタ、フォルマント、一様管の共鳴、倍音の間隔、包絡の標本化、基本周波数。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——音源とフィルタの分離、一様管の共鳴、フォルマントは、いずれも既知である（ファント 1960、スティーヴンズ 1998）。声道を一様な管に固定する——実際の母音は断面積が場所で変わることで第 1・第 2 共鳴が動く。ここでは一様管だけを見る。音源を扱わない——声門波の形、その高調波の減衰は扱わない。倍音は等間隔に立つものとする。同定を論じない——実際に母音が聞き分けられるかどうか、音声認識の性能は主題ではない。合成の品質を評価しない——合成音声の自然さは扱わない。既刊との関係：論文654 は、窓を選ぶことが答を選ぶことであり、漏れを下げると近い二つの音が分けられなくなることを示した——そこでは窓の幅が分解能を決めた。ここでは倍音の間隔が標本化の細かさを決める。同じスペクトルに、幅と間隔という二つの別の制約がかかっている。加えたのは、共鳴が音源に依らないことを数で確かめたこと、管の長さを変えたときの共鳴を並べたこと、3000 Hz までの倍音の本数から標本化の粗さを 4.285714 倍としたこと、共鳴と最も近い倍音の隔たりを 10.000000 Hz と 90.000000 Hz で対比したこと、分離子を「標本の隙間に落ちるか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：声を、音源（声帯の振動）とフィルタ（声道の共鳴）の掛け算とみなす。長さ L の一様な管で片側が閉じているとき、共鳴は奇数倍に並ぶ。

$$f_k = \frac{(2k-1)c}{4L}, \qquad c = 343\ \mathrm{m/s}, \qquad N(f_0) = \left\lfloor \frac{3000}{f_0} \right\rfloor$$

$N(f_0)$ は、基本周波数 f_0 の声が 3000 Hz までに立てる倍音の本数である。

問い：音源とフィルタが独立なら、読み取る側でも独立か。

2. 作る側では、独立である

計算 2.1：長さ 0.175 m の管の共鳴を出した。

共鳴	周波数
第 1	490.000000 Hz
第 2	1470.000000 Hz
第 3	2450.000000 Hz
第 4	3430.000000 Hz

第 2 は第 1 のちょうど 3.000000 倍で、奇数倍に並ぶ。

計算 2.2：管の長さを変えると共鳴は動く。0.140 m で 612.500000 Hz、0.175 m で 490.000000 Hz、0.190 m で 451.315789 Hz である。

> **観察 2.3**
>
> 母音を決めているのは口の形であって、声の高さではない。共鳴の式に f_0 は入っていないので、基本周波数を 100 Hz から 400 Hz へ上げても第 1 共鳴は 490.000000 Hz のままである——高い声でも「あ」は「あ」である、という言い方は、この式の言い換えである。

3. 読み取る側では、独立ではない

計算 3.1：3000 Hz までに立つ倍音の本数を出した。

基本周波数	倍音の本数
100 Hz	30 本
150 Hz	20 本
200 Hz	15 本
400 Hz	7 本

100 Hz と 400 Hz で、標本化の粗さは 4.285714 倍違う。

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。フィルタの形は同じでも、それを測る点の数が違う。包絡は連続だが、実際に出ている音は倍音の位置にしか無い——聞く側が受け取るのは、包絡そのものではなく、包絡を倍音の位置で標本化したものである。

計算 3.3：第 1 共鳴 490.000000 Hz に最も近い倍音は、100 Hz の声では第 5 倍音の 500.000000 Hz で隔たりは 10.000000 Hz、400 Hz の声では第 1 倍音の 400.000000 Hz で隔たりは 90.000000 Hz である。

観察 3.4

共鳴の位置は、標本の隙間に落ちうる。**400 Hz** の声では、第 **1** 共鳴の真上に倍音が一本も無い——形が在っても、当たる点が無ければ読めない。

観察 3.5

だから「独立に変えられる」は、作る側だけの話である。音源とフィルタは掛け算で重なるので、作る側では確かに独立である——だが読み取る側が見るのは掛けたあとの標本だけで、そこでは音源が分解能を決めてしまう。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、包絡が標本化されるか、標本の隙間に落ちるかである。同じ包絡でも、標本の間隔がその構造より粗ければ読めない——読めないのは包絡のせいではなく、標本の間隔のせいである。

観察 4.2

論文**654** と並べる。**654** は、窓を選ぶことが答を選ぶことであり、漏れを下げると近い二つの音が分けられなくなることを示した——そこでは窓の幅が分解能を決めた。ここでは倍音の間隔が標本化の細かさを決める。同じスペクトルに、幅と間隔という二つの別の制約がかかっている。

観察 4.3

言わないこと。声道を一様管に固定し、音源の波形も同定の性能も扱っていない——示したのは、作る側の独立が読み取る側では保たれないことである。

5. 点呼と結び

1. 第 **1** 共鳴 **490.000000 Hz**（計算 2.1）：一様管 **0.175 m**。

2. 第 **2** は第 **1** の **3.000000** 倍（計算 2.1）：奇数倍に並ぶ。
3. **0.140 m** なら **612.500000 Hz**（計算 2.2）：口の形が決める。
4. f_0 は式に入らない（観察 2.3）：高さに依らない。
5. **100 Hz** で **30** 本（計算 3.1）：標本の数。
6. **400 Hz** で **7** 本（計算 3.1）：本稿の芯。
7. 粗さは **4.285714** 倍（計算 3.1）：読み取る側の不利。
8. 隔たり **10.000000 Hz**（計算 3.3）：**100 Hz** の声。
9. 隔たり **90.000000 Hz**（計算 3.3）：**400 Hz** の声。
10. 標本の隙間に落ちるか（観察 4.1）：分離子・論文**654**。

結び：同じ母音でも、高い声ほど形が粗くしか測れない。長さ **0.175 m** の一様な管の共鳴 **490.000000**・**1470.000000**・**2450.000000 Hz** は奇数倍に並び、基本周波数を **100 Hz** にしても **400 Hz** にしても動かない——母音を決めているのは口の形であって、声の高さではない。ところが **3000 Hz** までに立つ倍音は **100 Hz** の声で **30** 本、**400 Hz** の声で **7** 本しかなく、標本化の粗さは **4.285714** 倍違う——聞く側が受け取るのは包絡そのものではなく、包絡を倍音の位置で標本化したものである。第 **1** 共鳴に最も近い倍音との隔たりは **10.000000 Hz** と **90.000000 Hz** で、高い声では共鳴の真上に倍音が一本も無い——形が在っても、当たる点が無ければ読めない。分離子は、包絡が標本化されるか、標本の隙間に落ちるかである。既刊との位置——論文**654** では窓の幅が分解能を決めた。ここでは倍音の間隔が標本化の細かさを決める。正直に言えば——声道を一様管に固定し、音源の波形も同定の性能も扱っていない。

参考文献

1. Fant, G. (1960). *Acoustic Theory of Speech Production*. Mouton.
2. Stevens, K. N. (1998). *Acoustic Phonetics*. MIT Press.
3. 山岸勇輝 (2026).『窓を選ぶことは、答えを選ぶことである——漏れを下げると、近い二つが分けられなくなる』[論文654]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014655

— *From thinking to syncing.* —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)