

4月23日

# 共鳴する壁：大聖堂の音が人の身体とつながる仕組み

更新日：4月24日

## ヘルムホルツ共鳴が音・呼吸・身体に与える影響

TAメディカル研究チーム ・ 読了目安：約6分



### フランス北部のどこかに、

ほとんど名前も知られていない中世の教会があります。その石造りの壁の中には、陶製の壺が埋め込まれています。それらは、600年以上もそこに存在し続けています。

当時の建築者たちは、自分たちが何をしているのかを表す言葉を持っていませんでした。それを測定するための装置もありませんでした。ただ、音の響き方が明らかに異なる空間

の中に身を置いたという経験だけがありました——まるで空気そのものが聖歌に加わっているかのように感じられる空間です。

こうした場所によく語られる、落ち着きや奥行き、あるいは澄んだ静けさの感覚は、単に音そのものから生まれているわけではありません。低周波の共鳴が身体とどのように作用するかによって生じています。空間の中で増幅された微細な圧力変化や振動は、胸や頭蓋骨を通して伝わり、呼吸や自律神経の働きに影響を与えます。

それから約800年後、彼らが無意識のうちに扱っていた物理現象には名前が与えられました。そしてそれは、石の壁の中だけでなく、人間の頭蓋の内部でも同じように働いていることがわかってきています。

## 01 中世フランスにおける共鳴する壁

古代ローマの建築家ウィトルウィウスは、約2000年前に著した『建築十書』の中で、これについて記しています。音の通り道を整えるために、精密に調整された青銅の容器を劇場の座席の間のくぼみに設置するというものです。ギリシャ人はこれらの容器を「エケア (echea)」と呼びました——直訳すると「反響させるもの」という意味です。

この考え方は消えることはありませんでした。中世ヨーロッパ各地で再び現れ、宗教建築の中に静かに取り入れられていきました。共鳴空間として機能する陶製の壺は、約200の中世教会で発見されており、そのおよそ半数がフランスに集中しています。これらは、天井のヴォールト、壁、聖歌隊席、後陣 (アプス) などに設置されていました。

それらを設置したのは音響の専門家ではなく、修道士や建築職人たちでした。彼らはその目的を記録の中で明確に述べています——声を強め、空間の中でどのように響き渡るかを整えるためであったと。



## メス・セレスタン修道院年代記 — 1432年

総会から戻った院長は、教会の聖歌隊席に壺を設置するよう命じた——他の教会で同様のものを見て、それが歌声をより良くし、声がより強く響くと考えたためである。設置作業は、必要な人数の作業者を集め、わずか1日で完了した。1616年、サン＝ドニ＝ド＝ヴェルジーの後の記録には、「聖歌隊席の壁に設置するための小さな壺3ダース分。声を響かせるのに適したもの」として、その支払いが記録されている。

中世の建築者たちが、当時はその名称を知らずに作り上げていたもの——それが「ヘルムホルツ共鳴器」です。これは、狭い開口部をもつ閉じられた空間で、特定の音の周波数に反応し、それを吸収し、再び放出することで、周囲の音の性質を変化させる構造です。この原理は19世紀にドイツの物理学者である **Hermann von Helmholtz** によって正式に説明されました。しかし、その実践自体ははるかに古くから存在しています。

人々が長時間にわたって声を合わせて歌う場——劇場や教会、そして神聖な空間において——建築者たちは、環境の共鳴を人の声に合わせて調整する方法を見出していたのです。

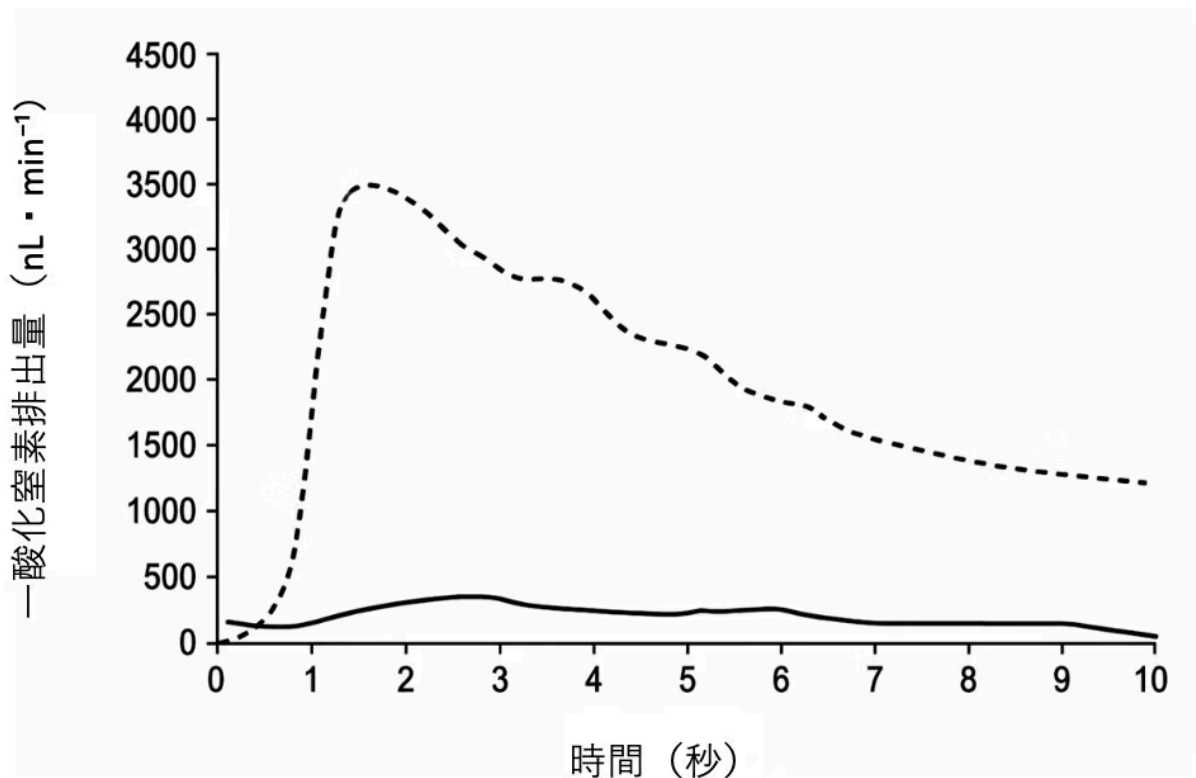
## 02 人間の体内にも存在する、同じ物理現象

2002年、ストックホルムの **Karolinska Institute** の研究者たちは、学術誌『*American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*』において、フランスの教会の壁に埋め込まれた陶製の壺と、時代を超えてつながる発見を報告しました。

その実験は非常にシンプルなものでした。健康な被験者にハミング（鼻歌）をしてもらうというものです。そしてハミング中、鼻腔内の一酸化窒素の濃度は、静かに呼吸しているときと比べて、15~20倍にまで上昇しました。



**Fig. 1.** 鼻歌「ハミング」(破線)と安静呼気(実線)における単回鼻呼気中の一酸化窒素(NO)排出量の原記録



**Figure 1.**

Maniscalco M. et al. *Assessment of nasal and sinus nitric oxide output using single-breath humming exhalations.*

*European Respiratory Journal*, 2003. <https://publications.ersnet.org/content/erj/22/2/323>

その仕組みは、同じ原理にあります。副鼻腔「頬骨の奥、額、そして鼻の奥にある空洞」は、共鳴する空間として機能します。私たちがハミングをすると、音の振動によって、副鼻腔と鼻腔をつなぐ狭い通路を通して、空気の流れに周期的な揺らぎが生まれます。これら二つの仕組みを結びつけているのは、象徴的な意味ではなく、物理的なメカニズムです。

ヘルムホルツ共鳴器は、スピーカーのように単に「音を大きくする」ものではありません。特定の周波数において、圧力と気流に周期的な変動（振動）を生み出す装置です。石の

壁の中では、それが空間内での音の伝わり方を形づくりします。一方、人間の体内では、この同じ振動が副鼻腔の開口部を通る空気の流れ方を変化させます。

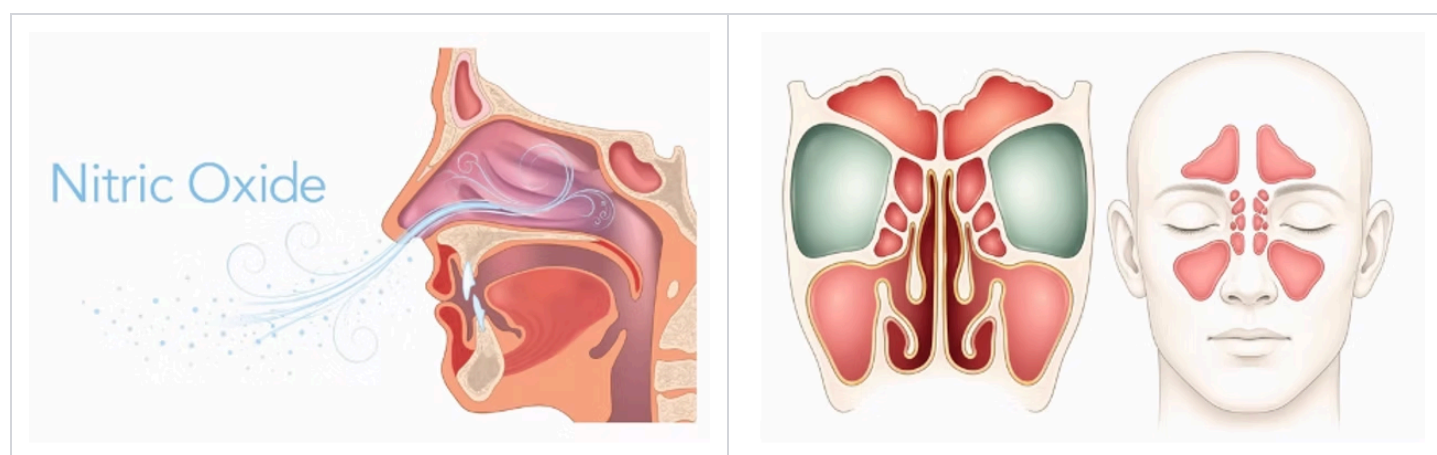
その効果は、はっきりとした物理的な現象です。ハミング中には、これらの振動によって副鼻腔と鼻腔の間の空気の交換が促進されます。副鼻腔内で常に生成され、高濃度で蓄えられている一酸化窒素が、測定可能な形で気道へと放出されます。

大聖堂において、この共鳴は耳だけに作用しているわけではありません。こうした空間でよく語られる、落ち着きや奥行き、あるいは澄んだ静けさの感覚は、単に音そのものから生まれているのではなく、低周波の共鳴が身体とどのように相互作用するかによって生じています。空間の中で増幅された持続的な音は、微細な圧力変化や振動を生み、それが胸や頭蓋骨を通して身体に伝わります。

このような物理的な作用は、呼吸のパターンや自律神経の働きに影響を与え、結果として、落ち着きやバランス、そして内的な調和として感じられる状態へとつながっていきます。

中世の建築者たちは、神聖な空間を通して響く音を整えるために、壁の中に共鳴空間を設けていました。一方、人間の身体は、頭蓋の中に共鳴する空間を備えています——そして、その中を音が通るとき、それは発している人の生理に影響を与える分子を放出します。

**働いている物理の原理は同じです。ただし、スケールが異なります。この原理は、建築と人体の両方において、非常に長い時間に**



この過程で放出される分子が、一酸化窒素です——そして1998年には、その働きの発見に対してノーベル賞が授与されました。

一酸化窒素は、血管に対して弛緩するよう信号を送り、血流をスムーズに保ち、免疫機能を支え、さらに体内のあらゆる組織へ酸素を届ける働きを助けます。副鼻腔ではこれが常に生成されており、ハミングを行うことで、呼吸のたびに気道へと一時的に増加した形で放出されます。

しかし、副鼻腔はあくまでこの仕組みの一部にすぎません。一酸化窒素は、全身の血管内でも生成されており、時間をかけて血流を調整する働きを担っています。このシステムがどのように維持されているのか、そしてそれが細胞のエネルギー産生とどのようにつながっているのかについては、このあと改めて見ていきます。

和歌山県の湯の里にあるアクアフォトミクス研究所の研究によれば、可聴音が水の分子構造を測定可能なレベルで再編成する可能性が示唆されています。

この現象が人間の生体にどのような影響を与えるかについては、現在も研究が続けられています。ひとつの興味深い視点を提供しています——特に、人間の身体の大部分が水で構成されているという事実を踏まえると、その意味合いは一層示唆的です。

湯の里

<https://da.lib.kobe-u.ac.jp/da/kernel/0100477307/0100477307.pdf>

## 03 建築者たちが無意識に理解していたこと

このつながりを説明するのに、推測は不要です。それは観察を通してたどることができ、何世紀にもわたって積み重ねられ、理論ではなく実践として受け継がれてきたものです。

これらの共鳴空間を築いた人々、そしてその中で声を合わせて歌った人々は、確かな何かに反応していたのです。共鳴する空間の中で持続的に低い周波数の声を発することは、会話や無音の状態とは明確に異なる生理的な体験を生み出します。

呼吸はゆっくりになり、胸は開き、身体は自然と落ち着いていきます。

インド、チベット、日本、そしてイスラム圏など、さまざまな文化において、同様の実践が独立して生まれてきました——それは、演奏や表現のためではなく、身体と心を整えるために用いられる、持続的な声の共鳴です。

「音響壺は、音響環境が十分でないとされる場所において声を強めるための実用的な装置であると同時に、現世と精神的な領域とを結びつける象徴的な媒介でもある。」

Valière ほか — Acta Acustica, 2013 フランス中世教会における音響壺の文献的分析

これらの建築者や実践者たちが観察していたものは、抽象的なものではありませんでした。低い周波数でのハミングは、鼻腔内の一酸化窒素を増加させます。一酸化窒素は血管を拡張し、酸素の供給を高め、免疫機能を支える働きを持っています。

感じられる落ち着きや明瞭さ、そして身体が整っていく感覚——これらはすべて、生理的な基盤を持つものなのです。

中世の建築者たちが、一酸化窒素の生成を意図的に最適化していたと主張するのは行き過ぎです。実際には、そうではありません。しかし同時に、彼らの仕事を単なる美的表現に還元してしまうのも正確ではありません。彼らは、身体のある特定の状態を支えるような物理的環境を形づくっていたのです。

現代の科学は、その理解を置き換えるものではありません。それを支える仕組みの一部を明らかにするものです。

## 04 補完的なシステム — NAD<sup>+</sup>についての簡単な補足

一酸化窒素は「道」を開いた状態に保ちます——血管を弛緩させることで、酸素や栄養素、そしてNMNのような循環する前駆体が、効率よく組織へと届くようにします。

一方、NAD<sup>+</sup>は「到達した先で何が起こるか」を決めます——細胞がそれらの資源をエネルギーへと変換し、修復を行い、機能を維持することを可能にします。

一方は運搬を担い、もう一方は、細胞が必要なものを受け取った後に何を行うかを決定します。

どちらか一方だけでは機能しません。両者はともに、日々の歩行のような適度な運動、バランスの取れた食事、そして安定した鼻呼吸といった、共通する基盤によって支えられています。

ハミングは、一酸化窒素システムの中でも副鼻腔の働きを直接的に支え、即時的な効果をもたらします。一方で、血管機能や細胞のエネルギー産生、そして長期的な回復力といった他の側面は、日々の生活のあり方を通して、より緩やかに築かれていきます。

### 一酸化窒素 / Nitric oxide

副鼻腔および血管の内壁で生成されます。血流をスムーズで柔軟な状態に保ちます。鼻呼吸、運動、食事によって支えられます。ヘルムホルツ共鳴によるハミングによって、一時的に増加します。

### NAD<sup>+</sup>

すべての細胞内で不可欠なエネルギー源です。ミトコンドリアによるエネルギー産生やDNA修復を支えます。運動、食事、そして枝豆、ブロッコリー、アボカドなどの食品に含まれる前駆体NMNによって支えられます。

中世の大聖堂における共鳴する空間の中では、建築は単に音を伝えるだけのものではありませんでした——音を形づくり、低周波の振動を反射し、強めることで、それが身体の中で実際に感じられる状態を生み出していました。同時に、聖歌やハミングは鼻腔を通る気流を促し、気道や循環における一酸化窒素のやり取りを高めます。

こうして、空間と声は一体となった音響システムを形成し、外部の環境だけでなく、身体の内側の生理にも影響を与えていたのです。

聖歌隊の修道士たちにとって、これはただ祈りにすぎませんでした——持続的で、リズムがあり、共同で行われる祈りです。

しかしその実践の中で、身体と空間は静かに調和し、環境と生理がひとつとなって動いていたのです。

### より深い構造・THE DEEPER PATTERN

大聖堂の建築者たちは、壁の中に共鳴を組み込んでいました。人間の身体もまた、頭蓋の中に共鳴する構造を持っています。どちらの場合も、その構造が音の動き方を形づくり、それによって身体の反応に影響を与えています。

かつては体験として観察されていたものが、今では測定可能な形で説明できるようになりました。共鳴は気流と振動を変化させます。気流はガス交換を変化させます。ガス交換は生理に影響を与えます。

こうした空間で人々が感じる落ち着きや明瞭さは、身体の内部で実際に起きている変化に直接由来しているのです。

## 05 身体と同じほど古い実践

カロリンスカ研究所の研究では、ハミングによって鼻腔内での一酸化窒素の放出が大きく増加することが示されています。特に約130Hz前後——リラックスした持続的なハミングに典型的な周波数帯であり、副鼻腔の自然な共鳴特性ともおおよそ一致しています。

同様の低周波の発声法は、チベットの喉歌、グレゴリオ聖歌、ヴェーダの「オーム」、そして日本の声明など、さまざまな文化に見られます。これらは何世紀にもわたり、それぞれ独立して発展してきましたが、いずれも似た周波数帯に落ち着いています——測定によってではなく、人間が繰り返し体験する中で「うまくいく」と感じられた結果としてです。

これらはすべて、同じ根本的な原理のもとで成り立っているのです。

薬師寺  
の僧侶



9:22



## 日本における共鳴の伝統についての一考

仏教における声明（しょうみょう）——低く持続的な声で唱える実践——は、日本では8世紀から続いています。ヨーロッパの大規模な石造大聖堂と同様に、寺院建築も音を形づくり、伝えるように設計されていました。

こうした空間での読経や唱和は、一般的な部屋で行う場合とは異なる身体的な体験を生み出します。建物の構造そのものが共鳴に関与するのです。

建築者たちがその生物学的な仕組みを理解していたかどうかは、本質的な問題ではありません。重要なのは、彼らが何を実現していたかです。建築と声を通して、身体と心の特定の状態を支える条件をつくり出していたのです。

現代の科学は、その体験を置き換えるものではありません。その一部を説明する手がかりを与えてくれるものです。

## 06 シンプルにできる実践 — 古くからの知恵と現代科学に基づく方法

– **毎日、短時間ハミングする** 低くリラックスしたハミングを20～30秒ほど、数回繰り返します。これにより副鼻腔の自然な共鳴が引き出され、一酸化窒素の放出が高まります。音程は無理のない、心地よく感じる範囲で行うことが大切です「一般的に、低い周波数のほうが効果的とされています。」

– **基本は鼻呼吸を心がける** 鼻呼吸は、一酸化窒素を気道へ直接届けます。口呼吸ではこの仕組みは働きません。安静時や軽い活動時に鼻呼吸を保つことで、安定した状態を維持しやすくなります。

– **時間的なスケールを理解する** ハミングによって放出される一酸化窒素は即時的に増加しますが、その効果は短時間にとどまります。一方で、血管の健康や細胞機能といったより広いシステムは、日々の習慣の積み重ねによって、時間をかけて築かれていきます。

– **環境を活用する** タイル張りの部屋や木造の空間、大きく囲まれた室内など、音を反射し伝える空間は共鳴を高めます。身体は「何をするか」だけでなく、「どのような環境で行う

か」にも反応しています。

-----  
- **システム全体を支える** 一酸化窒素は血流を支え、NAD<sup>+</sup>は細胞のエネルギーを支えます。呼吸、運動、栄養を通してこの両方に働きかけることは、身体を統合されたひとつのシステムとして整えることにつながります。  
-----

### 主要な研究参考文献・KEY RESEARCH REFERENCES

Weitzberg E. & Lundberg J.O. (2002). Humming greatly increases nasal nitric oxide. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166, 144–145.

[pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12119224](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12119224)

Maniscalco M. et al. (2003). Assessment of nasal and sinus nitric oxide output using single-breath humming exhalations. *European Respiratory Journal*, 22, 323–329.

[pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12952268](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12952268)

Valière J.C. et al. (2013). Acoustic pots in ancient and medieval buildings: literary analysis of ancient texts and comparison with recent observations in French churches. *Acta Acustica*, 99.

Kanev N. (2020). Resonant vessels in Russian churches and their study in a concert hall. *Acoustics*, 2(2). [doi.org/10.3390/acoustics2020023](https://doi.org/10.3390/acoustics2020023)

Phua T.J. (2024). Hallmarks of aging: hypovascularity, tissue perfusion and nitric oxide perspective on healthspan. *Frontiers in Aging*. [doi.org/10.3389/fragi.2024.1526230](https://doi.org/10.3389/fragi.2024.1526230)

---

本記事は、教育および情報提供を目的としたものであり、医療的な助言を目的としたものではありません。個々の健康に関する判断については、医療専門家にご相談ください。

TAメディカル ・ NMN研究最前線 ・ 研究情報メディア