

# | Handbook

Microphone

**VS**

Pressure  
Sensor

Volume 01

GRAS社は、音響振動業界における世界的なリーダーです。GRAS社は、音響測定の精度と再現性が最も重要視される業界向けに、最先端の測定用マイクロホンおよび関連機器を開発・製造しています。これには、航空宇宙、自動車、オーディオ、家電、その他要求の厳しい産業分野のお客様向けのアプリケーションとソリューションが含まれます。GRASは、世界40カ国以上に子会社や代理店を持ち、世界的に認められた測定ブランドで構成されるテストソリューションのリーディングプロバイダーであるAxiometrix Solutionsの一員です。

お近くのGRASパートナーをお探しの方は [www.grasacoustics.com](http://www.grasacoustics.com) をご覧いただくか、お問い合わせは [gras@marubun.co.jp](mailto:gras@marubun.co.jp) までご連絡ください。



お問い合わせ先  
丸文株式会社

**E-mail: [gras@marubun.co.jp](mailto:gras@marubun.co.jp)**

〒103-8577

東京都中央区日本橋大伝馬町8-1

システム営業第1本部 営業第1部 計測機器課TEL:  
03-3639-9881

中部支社

〒450-0003

愛知県名古屋市中村区名駅南1-17-23

システム営業第1本部営業第3部 システム営業第2課  
TEL: 052-563-1181

# 目次

1	はじめに	4
2	基本用語	4
2.1	音	4
2.2	圧力	4
3	標準実験条件	5
4	マイクロホン	6
4.1	マイクロホンの性能パラメータ	6
5	圧力センサ	7
6	マイクロホンと圧力センサの主な違い	8
7	マイクロホンと圧力センサの比較	8
付録A		
A.1	変換	11
A.2	周波数レンジ	11
A.3	リニアリティ	11
A.4	ケーブル駆動能力	11
参考文献		
		12

## 1. はじめに

このハンドブックは、測定用マイクロホンと圧力センサの違いを理解していただくことを目的としています。GRAS UTP (Ultra-thin Precision) シリーズマイクロホン、特にGRAS 48LA、48LXシリーズに関する一般的なご質問にお答えできればと思います。

一般的に、圧力センサ市場では、3つの基本的なカテゴリーに分類されます。

- ✓ 500psi以上を計測する高圧センサ
- ✓ 0～500psiの間で測定する低圧センサ
- ✓ ピエゾ抵抗 (PZR) マイクロフォン、または一般的なマイクロホンマイクロホンの範囲 (最大16 psi、または195 dB) を測定する圧力センサ

一般的な高音圧・低音圧センサのノイズフロアは非常に高いため、音響・空力音響現象の測定にはPZR型マイクロホンしか使用できません。そのため、比較対象はあくまでもサーフェス (UTP) マイクロホンとPZRマイクロホンであると理解してください。

このハンドブックでは、まず基本的な概念を説明していますので、すでに計測用マイクロホンについて理解されている方は、4章の「圧力センサー」から始めてください。

## 2. 基本用語

### 2.1 音

人間の耳が音として感じるのは、220Hzから220kHzの周波数を持つ動的な圧力変動である。音は、気体、流体、固体中を伝搬します (構造伝搬音)。

本ドキュメントでは、図1のように実際の大気圧に圧力変動が重畳している空気中の音に焦点を当てます。

### 2.2 圧力

圧力とは、単位面積あたりの力 (パスカル/平方メートル (Pa/m<sup>2</sup>)) と定義されている。101.325kPaの圧力は、1国際標準大気 (1気圧) に等しいと定義されている。

### 3. 標準実験条件

測定用マイクロホンの場合、IEC 61094-2では基準環境条件を次のように定義している。

温度	23°C
静圧	101.325 kPa
相対湿度	50%

基準となる条件で測定が行われることはほとんどなく、他の条件でマイクロホンの性能を推定するためには、温度（温度係数）、圧力（圧力係数）、相対湿度の変化によるマイクロホンの性能への影響をメーカーが明示する必要があります。

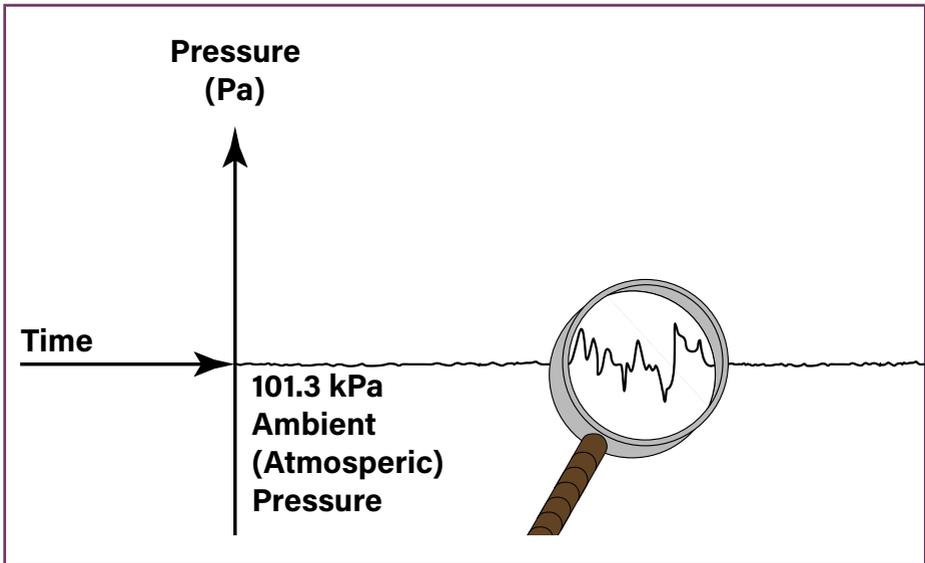


図 1. 音は、気圧の上に小さな圧力変動が「乗って」いる状態。

## 4. マイクロホン

マイクロホンは一般的に、音を電気信号に変換するセンサです。

マイクロホンには様々な種類があるが、GRASのマイクロホンのほとんどは測定用マイクロホンである。

測定用マイクロホンは、一般的には、IEC 61094-4に詳述されている要求事項を満たすマイクロホンである。しかし、測定用マイクロホンの中には、性能基準は満たしていても、「マイクロホン規格」で規定されている機械的寸法を満たしていないものもある。

UTPシリーズをはじめとするGRASのサーフェスマイクロホンはその一例です。

### 4.1 マイクロホンの性能パラメータ

ここで注目したいのは、主なパラメータです

- ✓ 感度はmV/PaまたはdB re 1V/Paで表されることが多い。  
例: GRAS 46AEマイクロホンの公称感度は50mV/Paで、1V/Paでは-26dB reとなります。
- ✓ 250Hzでの応答を基準にした周波数応答 (dB)
- ✓ 最大SPLとは、3%以下の全高調波歪み (THD) で測定可能な最も高い音圧レベル (SPL) のことです。
- ✓ 最小SPLは、しばしば、マイクロホン出力に含まれる固有の電気的ノイズに対する等価SPLとして定義され、単位はdB(A)です。

この2つのSPLの差が、デシベル単位のダイナミック・レンジを定義します。

一般的に「可能な限り大きな音」は約194dB SPLと言われていますが、それは正しくもあり、間違ってもいます。194dB (基準静圧時) を超えると、空気の分子は前後に動くのではなく、押し流されます。つまり、音波はもはや空気中を伝搬せず、衝撃波を生み出します。

このような極端な圧力変化に対応できるのが、圧力センサです。しかし、マイクロホンに比べてノイズフロアが大きいいため、音響測定には不向きである。両者が重なる部分を図2に示します。

## 5. 圧力センサ

図2に示すように、圧力センサまたはマイクロホンのいずれかを使用できる重複した領域があり、多くの場合、UTPタイプのマイクロホンには独自の利点がありますが、詳細は後述します。

圧力センサには様々な種類がありますが、通常、圧力センサは以下のいずれかを測定するために設計/設定されます。

- ✓ ゲージ圧—マイクのように周囲の圧力を基準とした圧力
- ✓ 絶対圧—ゼロ気圧に対する圧力
- ✓ 差圧—基準ポートに対する圧力

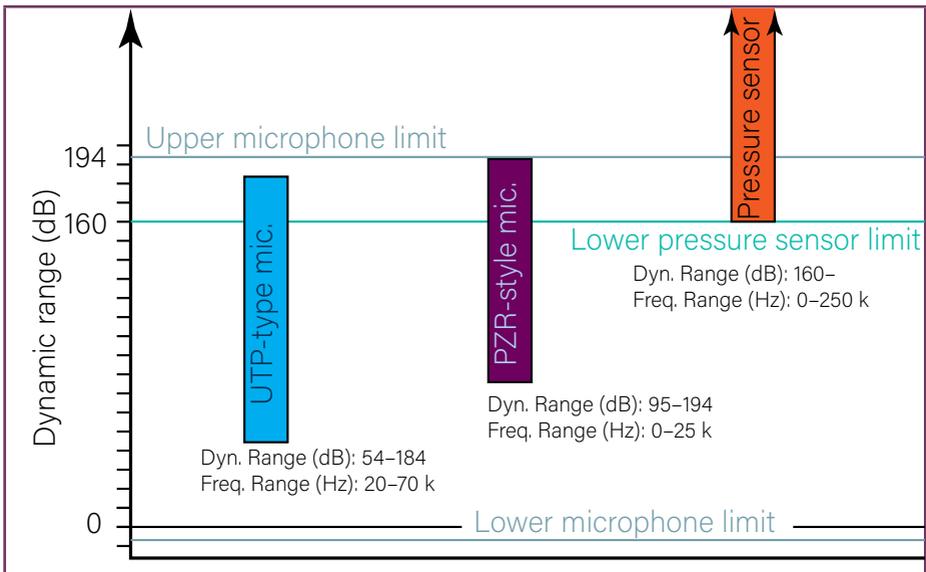


図 2. マイクロホンと圧力センサの範囲は、タイプの可能性に基づいています。

## 6. マイクロホンと圧力センサの主な違い

**注意:** 圧力センサとマイクロホンを比較する際には、例えば自動車のかかなり静的な油圧を監視するために設計された圧力センサではなく、動的な圧力変動を測定するために設計された圧力センサで比較することを念頭に置くことが重要です。

まず、圧力センサには厳密な規格がなく、さまざまな形状やサイズがあります。また、圧力センサは、マイクロホンとは異なるパラメータや単位で規定されていることが多い。そのため、マイクロホンと1対1で比較することは難しく、場合によっては不可能です。

もう一つの重要な違いは、音響の世界では校正の歴史が非常に長く、マイクロホンの校正には国際的な基準があるため、トレーサビリティが確保され、測定の完全性が高いことです。

例えば、圧力センサの場合、周波数応答を求めることは一般的ではありません。場合によっては、センサの共振周波数や立ち上がり時間を指定することもあります。

圧力センサの中には、アクティブなセンサ領域が $\frac{1}{4}$ "マイクロホンのダイアフラム領域よりもやや小さいものがあります。このことは、圧力センサに優れた空間分解能のメリットをもたらす、いくつかのアプリケーションで重要となります。しかし、ピンホールカバーを使用することで、マイクロホンのダイアフラムサイズによる問題を解決することができます。

多くの場合、圧力センサは伝統的に使用されており、UTPサーフェスマイクロホンのような、よりコスト効率の高い結果をもたらす新しいソリューションに移行することはありません。

しかし、すべての圧力センサのアプリケーションがマイクロホンで実行できるわけではないことに注意する必要があります。

## 7. マイクロホンと圧力センサの比較

実際に比較するためには、いくつかのパラメータをある次元から別の次元に変換する必要があります。

表1は、最も重要なパラメータのいくつかと、それらをマイクロホンや圧力センサに関連する用語で表現する方法を示しています。

表 1.  
マイクロホン-圧力センサの比較データとコメント

パラメーター	マイクロホン	圧力センサ	圧力センサの用語への変換係数	備考
感度(電圧)	mV/Pa	mV/psi	$\text{mV/psi} = 6895 * \text{mV/Pa}$	See A.1
感度(相対)	dB re 1V/Pa	dB re 1V/ $\mu\text{bar}$	$\text{dB re 1V}/\mu\text{bar} =$	-20 dB or /10 A.1を確認
フルスケール	dB SPL	Psi	$= 20e^{-6} * 10^{\frac{\text{dB SPL} - 20}{20}} / 6895$	
バースト圧	ほとんど定義されていない	ほぼ常に指定		
固有のノイズフロア	常にdB(A) SPLとして指定されることが多い	ほとんど定義されていない		
共振周波数	ときどき指定される	ほぼ常に指定		周波数 (kHz)
周波数レンジ	$\pm 1 \text{ dB } \pm 3 \text{ dB}$	NA		A.2を確認
フルレンジでの周波数特性	国際標準規格に準拠したトレーサビリティ	ほとんど知られていない		
振動に対する感度	必ず明記	ほぼ必ず記載されている		
時定数	ほとんど言及されていない	頻りに指定される		

**表 1.**  
マイクロホン-圧力センサの比較データとコメント

パラメーター	マイクロホン	圧力センサ	圧力センサの用語への変換係数	備考
下限周波数	最も多くの場合、少なくとも範囲として指定されている	必ず指定できるわけではないが、一部のモデルでは指定可能		
リニアリティ	NA	多くの場合、フルスケールのpct.で定義		A.3
歪み	最大SPLは、3%のTHD制限で定義	規定なし		
動作温度範囲	-60℃～+125℃付近	一般的に、かなり広い範囲 -55°～+250° C付近		
TEDS	対応	一般には対応していない		
出力インピーダンス	低い、良好なケーブル動作	チャージ型出力 またはブリッジ型		A.4
電源の必要有無	CCP(ICP)電源が必要	チャージ型出力は不要 ブリッジ型は必要		
ケーブル	多くの場合、標準的なコネクタ付きの同軸ケーブル	多くの場合、オープンエンドの壊れやすい細い線		

## 付録A—比較表の注意点

### A.1 変換

---

1 psi = 6894.8 Pa

---

1 bar = 100 kPa

---

1  $\mu$ bar = 0.1 Pa

---

パスカルとマイクロバーの間に10の係数を入れると、-20dB

---

例 = 48LA感度:

---

- -78.4 rel 1V/Pa
  - -94.4 rel 1V/ $\mu$ bar
- 

### A.2 周波数レンジ

Kulite® Transducer Handbookには、彼らのPZRセンサーは、共振周波数の1/5までは良好に動作すると記載されています。[1] これは約30kHzに相当します。

---

$\pm 3$ dB 一般感度の0.7倍を与える < 実感度 < 一般感度の1.4倍を与える

---

$\pm 2$ dB 一般感度の0.8倍を与える < 実感度 < 一般感度の1.25倍を与える

---

$\pm 1$ dB 一般感度の0.9倍を与える < 実感度 < 一般感度の1.12倍を与える

---

### A.3 リニアリティ

"非線形性（線形性と呼ばれることもある）とは、指定された直線からの校正曲線（出力対入力）の最大偏差と定義され、フルスケール出力のパーセンテージで表され、増加測定のみで測定される。" [1]

例えば、0.5%(フルレンジで-46dB)のように、フルレンジに対する一定の割合で表示されることが多いので、注意が必要です。

### A.4 ケーブル駆動能力

チャージ出力は、チャージアンプを使用すれば問題ありませんが、そうでない場合はケーブルの長さによって感度が変わります。

ブリッジタイプの出力は、出カインピーダンスが1000 $\Omega$ 程度ありますが、適切なブリッジアンプを使用することで、出カインピーダンスは10 $\Omega$ 程度に調整されます。

圧力センサでは高価なブリッジモジュールを使用しますが、UTPでは業界標準のCCP (ICP) インターフェースを使用します。

## 参考文献

1. Kulite Transducer Handbook. 2018: <https://kulite.com/technology/reference-library/>. Cited: Aug. 2021.

## Copyright Notice

© 2021 GRAS Sound & Vibration

Kulite is a trademark of Kulite Semiconductor Products, Inc., registered in the United States and other countries.

GRAS Sound & Vibration reserves the right to change specifications and accessories without notice.

## GRAS SOUND & VIBRATION

### HEADQUARTER, DENMARK

Tel: +45 4566 4046  
[www.grasacoustics.com](http://www.grasacoustics.com)  
[gras@grasacoustics.com](mailto:gras@grasacoustics.com)

### USA

Tel: 503-627-0832  
[www.grasacoustics.com](http://www.grasacoustics.com)  
[sales-usa@grasacoustics.com](mailto:sales-usa@grasacoustics.com)

### UK

Tel: +44 (0) 7762 584 202  
[www.grasacoustics.com](http://www.grasacoustics.com)  
[sales-uk@grasacoustics.com](mailto:sales-uk@grasacoustics.com)

### CHINA

Tel: +86 21 64203370  
[www.grasacoustics.cn](http://www.grasacoustics.cn)  
[cnsales@grasacoustics.com](mailto:cnsales@grasacoustics.com)

[grasacoustics.com](http://grasacoustics.com)