

現代の加工先端技術を数式的にとらえた設計法

【設計すいすい】

固体ホーン的设计

操作説明書

インデックスシステムコンサルタント株式会社 著

■ 角型/ストレート・両面エクスponential・ホーン

条件		結果	
ヤング率 E	2100000 kgf/cm ²	カーブ定数 m1	0.1018
密度 ρ	7.86 g/cm ³	カーブ定数 m2	0.0568
音速 V	511695 cm/s	共振先端長 L2	1.73 cm
周波数 f	20000 Hz	振幅増幅率 M	2.70
後端幅 a1	10 cm	変位節位置 N	2.82 cm
先端幅 a2	6 cm		
後端厚 b1	10 cm		
先端厚 b2	4 cm		
後端長 L1	3 cm		
曲線部分長 L0	9 cm		

印刷 閉じる

インデックス出版

『【設計すいすい】固体ホーン的设计』で採用した固体ホーン的设计計算式は
『【書籍】「固体ホーン的设计」(山下四郎・河村哲也著:インデックス出版)』
に準じています。詳細な数式は同書をご参照ください。

C O N T E N S

Part 1

計算手順の概要 1

- 1.1 『【設計すいすい】固体ホーン的设计』の操作の流れ 2
- 1.2 『【設計すいすい】固体ホーン的设计』の操作の手順 2

Part 2

丸型固体ホーン的设计計算 9

- 2.1 両端自由ストレートホーン 10
- 2.2 両端自由単純コンカルホーン 12
- 2.3 両端自由単純エクスポネンシャルホーン 14
- 2.4 両端自由単純カテノイダルホーン 16
- 2.5 両端自由ステップホーン 18
- 2.6 両端自由ストレートコンカルホーン 20
- 2.7 両端自由ストレートエクスポネンシャルホーン 22
- 2.8 両端自由ストレートカテノイダルホーン 24

Part 3

角型固体ホーン的设计計算 27

- 3.1 両端自由ストレートホーン 28
- 3.2 ストレート・片面エクスポネンシャルホーン 30
- 3.3 ストレート・両面エクスポネンシャルホーン 32
- 3.4 ストレート・片面コンカルホーン 34

Appendix

固体ホーン的设计に当たって 37

- A.1 音速 V の測定 38
- A.2 ホーンを设计するに当たっての注意事項 39
- A.3 ステップホーンの長さ 41

Part 1

計算手順の概要

- 1.1 『【設計すいすい】固体ホーン的设计』の操作の流れ
- 1.2 『【設計すいすい】固体ホーン的设计』の操作の手順
 - (1) 起動
 - (2) 各種設定および固体ホーンタイプの選択
 - (3) 計算条件の入力および計算実行
 - (4) 計算結果出力
 - (5) 終了

1.1 『【設計すいすい】固体ホーン的设计』の操作の流れ

計算の流れは以下のようになります。

- (1) 起動
- (2) 各種設定および固体ホーンタイプの選択
- (3) 計算条件の入力および計算実行
- (4) 計算結果出力（印刷）
- (5) 終了

以下、上記流れに沿って説明します。

1.2 『【設計すいすい】固体ホーン的设计』の操作の手順

(1) 起動

まず、『【設計すいすい】固体ホーン的设计』を起動します。起動すると、下図のようなメインメニュー画面が表示されます。計算したい固体ホーンの種類を選択してクリックします。



メインメニュー画面

計算可能な固体ホーンの種類は下記の、丸型ホーン 8 種、角型ホーン 4 種です。

丸型ホーン

- (1) 両端自由ストレートホーン
- (2) 両端自由単純コンニカルホーン
- (3) 両端自由単純エキスポネンシャルホーン
- (4) 両端自由単純カタノイダルホーン
- (5) 両端自由ステップホーン
- (6) 両端自由ストレートコンニカルホーン
- (7) 両端自由ストレートエキスポネンシャルホーン
- (8) 両端自由ストレートカタノイダルホーン

角型ホーン

- (1) 両端自由ストレートホーン
- (2) ストレート・片面エキスポネンシャルホーン
- (3) ストレート・両面エキスポネンシャルホーン
- (4) ストレート・片面コンニカルホーン

(2) 各種設定および固体ホーンタイプの選択

メインメニュー画面の「設定」をクリックすると、設定画面が表示されます。

ここで、印刷、単位、表題欄、出力間隔の設定を行います。

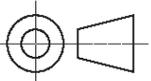
印刷：出力先（プリンター名や PDF ソフト名など）を設定します。このとき図面枠の余白幅も指定します。現在の印刷用紙サイズは A4 のみなので 10mm となっています。

単位：弾性係数（ヤング率）の単位の設定を行います。

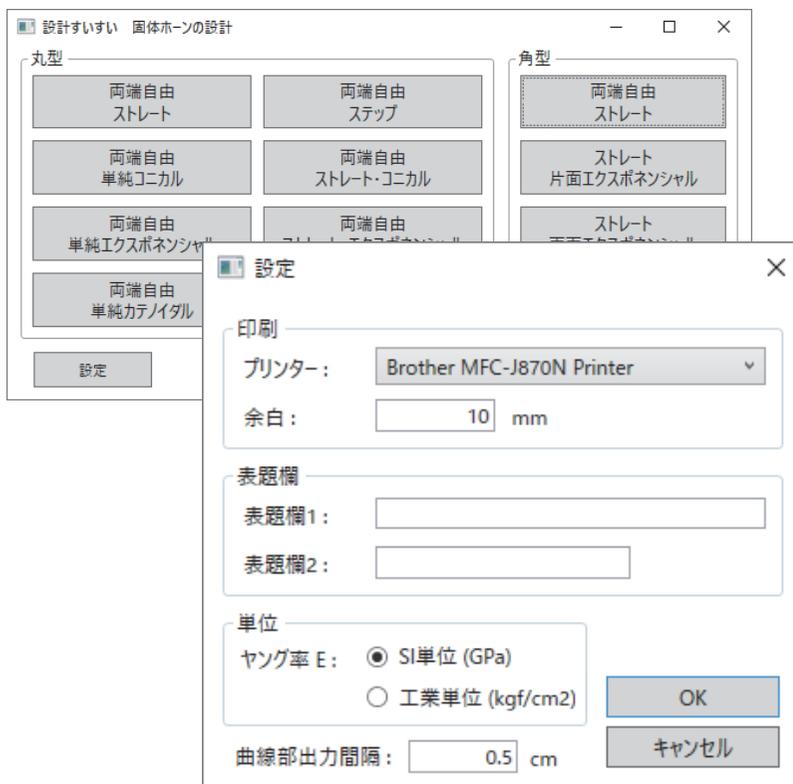
SI 単位 (GPa) または工業単位 (kgf/cm²) のいずれか一方に、チェックを入れて指定します

表題欄：図法、設計年月日、縮尺、固体ホーンタイプ名が自動的に表示されます。

また表題欄に書き込み場所が 2 箇所ほど用意されています。会社名や設計者名など任意の字句等を入力できます。

	S = 1 : 1	丸型／両端自由ストレート・ホーン	
	2017/11/16	Index System Consultants	No.00-00

出力間隔：曲線部の形状を出力する場合の間隔の値 (cm) を入力します。これはエクスポネンシャルホーンとカタノイダルホーンなどの曲線部に対して計算、出力されます。



各種設定画面

入力が終わったら「OK」をクリックします

これによって設定されたものは全般的に適用されますが、印刷時には「表題欄 1」及び「表題欄 2」は変更することができます。

(3) 計算条件の入力および計算実行

固体ホーンの種類を選択すると入力画面が表示されますので、計算条件を入力します。
計算条件を入力すると自動的に計算が実行されて、計算結果が表示されます。

①まず、縦弾性係数（ヤング率）および密度を入力すると、音速が計算され、表示されます。
なお、音速を手動入力するとそちらが優先されて入力した値が表示されます。

②続いて、必要な固体ホーンの種類を入力します。

計算結果とその結果に応じた概略の形状が表示されます。

計算条件

弾性係数（ヤング率） : E (kgf/cm²) 音速が既知の場合は不要
密度 : ρ (g/cm³) 音速が既知の場合は不要
音速（伝搬速度） : V (cm/s) ヤング率と密度より計算する場合は不要
共振周波数 : f (Hz) 使用周波数

形状寸法

丸型ホーン : 直径 ($D, D1, D2$) や長さ方向の既知寸法 ($L0, L1$)

角型ホーン : 幅 ($a, a1, a2$) と厚 ($b, b1, b2$) や長さ方向の既知寸法 ($L0, L1$)

The screenshot displays the '設計すいすい 固体ホーン的设计' (Solid Horn Design) software interface. It features several overlapping windows:

- Top Window (Main Design):** Shows horn type selection (丸型 or 角型) and boundary conditions (e.g., 両端自由 ストレート).
- Input Window (角型/ストレート・両面エクスponential・ホーン):** Contains input fields for material properties: ヤング率 E (2100000 kgf/cm²), 密度 ρ (7.86 g/cm³), and 音速 V (511695 cm/s). It also shows calculated results: カープ定数 m1 (0.1018), カープ定数 m2 (0.0568), 共振先端長 L2 (1.73 cm), 振幅増幅率 M (2.70), and 変位節位置 N (2.82 cm).
- Bottom Window (角型/ストレート・両面エクスponential・ホーン):** Contains input fields for horn geometry: 周波数 f (20000 Hz), 後端幅 a1 (10 cm), 先端幅 a2 (6 cm), 後端厚 b1 (10 cm), 先端厚 b2 (4 cm), 後端長 L1 (3 cm), and 曲線部分長 L0 (9 cm). It includes a 3D schematic of the horn with dimensions: 10.00, 3.00, 9.00, 1.00, 10.00, 6.00, 4.00.

Green arrows in the image point to the input fields for E, ρ , and V, and the result fields for m1, m2, and V. A '速度' (Velocity) label is located at the bottom right of the interface.

固体ホーン入力画面例

弾性係数（ヤング率）の単位

音速 V を決定する場合は、単位に注意が必要です。

いまは国際的に SI 単位系を使うことになっていますが、日本ではパスカル（GPa）のほかに工業単位（kgf/cm²）もよく使われます。

単位は設定時に選択します。設定は保持され、変更する場合は再度、設定画面より再設定が必要です。

工業単位 (kgf/cm²)

丸型/両端自由ストレート・カタノイダル・ホーン

条件	値	単位
ヤング率 E	205.80	GPa
密度 ρ	7.86	g/cm ³
音速 V	511695	cm/s
周波数 f	20000	Hz
後端直径 D1	5	cm
先端直径 D2	2	cm

結果	値	単位
カーブ定数 m	0.1741	
共振先端長 L2	1.30	cm
振幅増幅率 M	4.280	
変位節位置 N	2.46	cm

丸型/両端自由ストレート・カタノイダル・ホーン

条件	値	単位
ヤング率 E	2100000	kgf/cm ²
密度 ρ	7.86	g/cm ³
音速 V	511695	cm/s
周波数 f	20000	Hz
後端直径 D1	5	cm
先端直径 D2	2	cm
後端長 L1	3	cm
曲線部分長 L0	9	cm

結果	値	単位
カーブ定数 m	0.1741	
共振先端長 L2	1.30	cm
振幅増幅率 M	4.280	
変位節位置 N	2.46	cm

印刷 閉じる

単位 (GPa)

(参考) 単位の換算

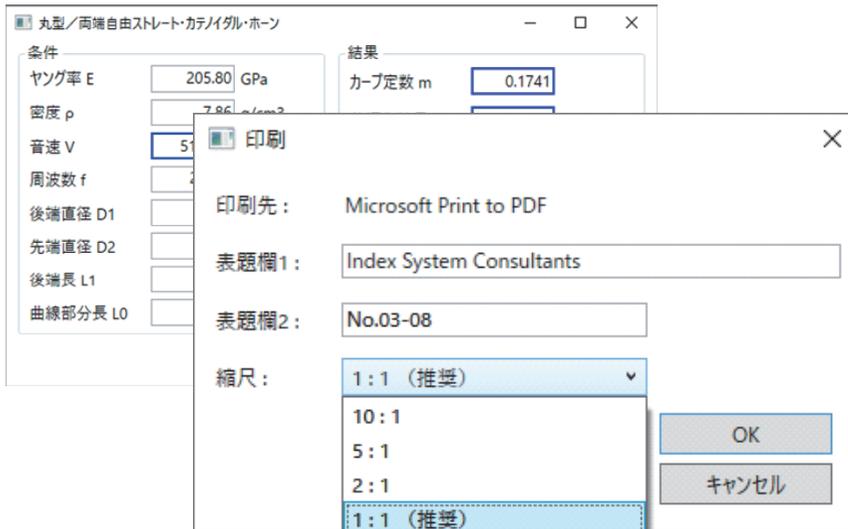
$$1\text{G} = 10^9 \quad 1\text{M} = 10^6 \quad 1\text{k} = 10^3$$

鋼のヤング率 E を工学単位で表すと $E=2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2 (2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2)$ になります。

E を SI 単位で表すと

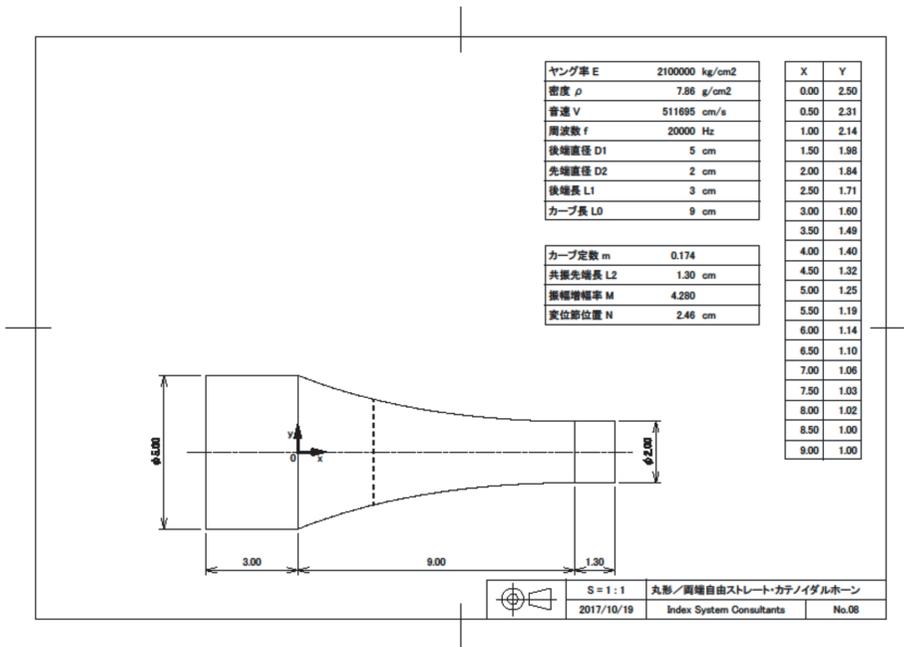
$$\begin{aligned} E &= 2.1 \times 10^4 [\text{kgf/mm}^2] \\ &= 2.1 \times 9.8 \times 10^4 [\text{N/mm}^2] \\ &= 20.58 \times 10^{10} [\text{N/m}^2] \\ &= 205.8 \times 10^9 [\text{Pa}] \\ &= 205.8 [\text{GPa}] \end{aligned}$$

(4) 計算結果出力



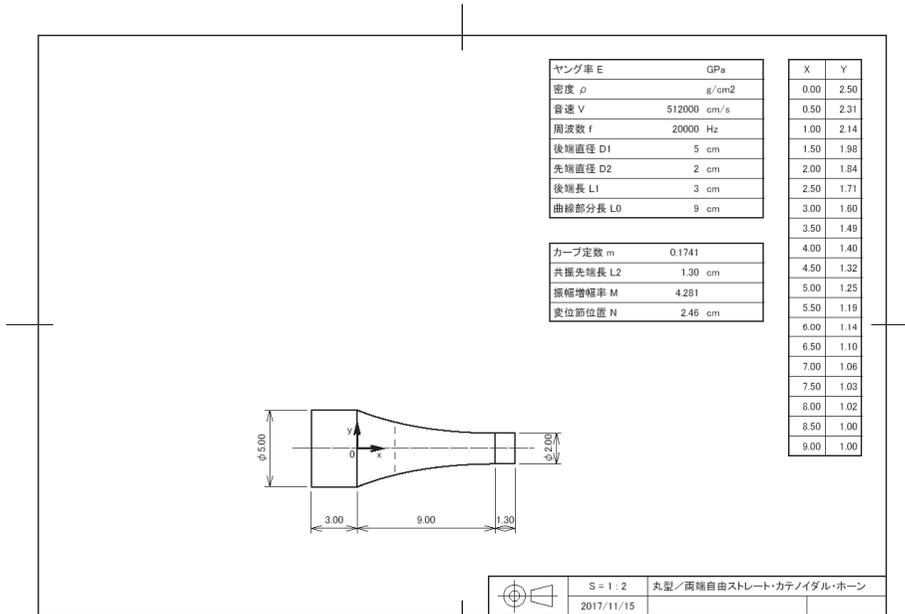
印刷設定画面

計算上検討の入力が終了し計算が終わったら、「印刷」をクリックすると、上図のような画面が表示されます。ここで表題欄の字句を変更することができます。続いて、出力図の尺度を選択して「OK」をクリックすると、印刷されます。ここで1:1(おすすめ)を選択した場合を表示します。

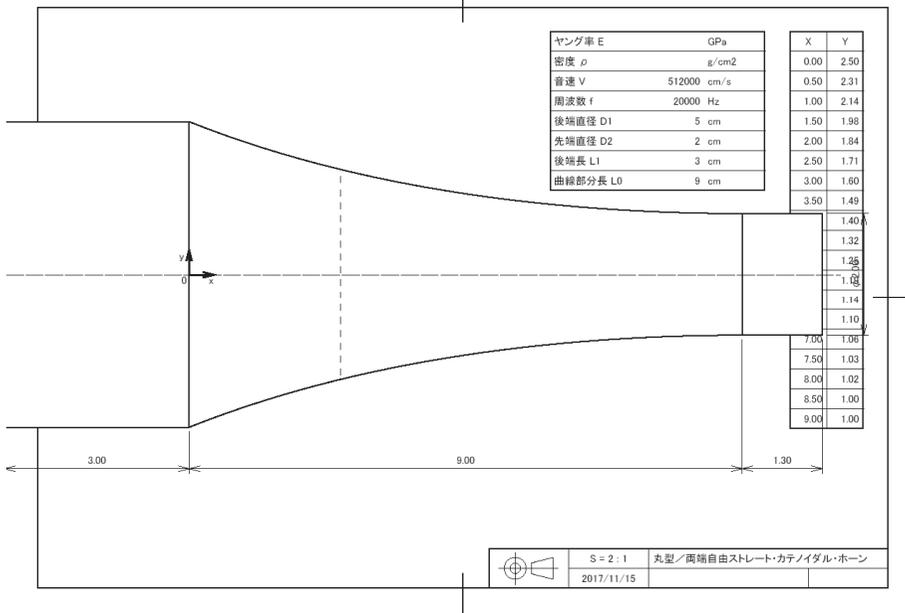


計算結果印刷

縮尺は、現尺 (1/1) の他、縮尺 (1/2, 1/5, 1/10) 倍尺 (10/1, 5/1, 2/1) から選択できます。
以下に縮尺と倍尺の例を示します。

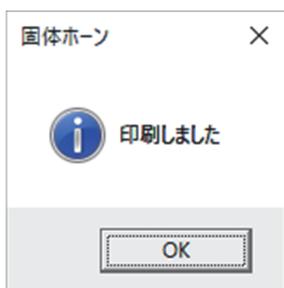


縮尺 (1/2) の計算結果印刷例



倍尺 (2/1) の計算結果印刷例

印刷が終わったら、印刷終了の確認メッセージが表示されます。



印刷終了メッセージ

「OK」をクリックします。「OK」をクリックしないと次の作業に移行できないので注意してください。

(5) 終了

メインメニュー画面より「終了」をクリックして終了します。



終了（メインメニュー画面より）

なお、引き続き計算をされる場合、前回の入力データおよび計算結果はそのまま維持されているので、変更したい値のみ修正入力することで計算を継続できます。

Part2 丸型固体ホーンの設計計算

2.1 両端自由ストレートホーン



2.2 両端自由単純コニカルホーン



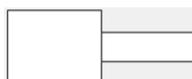
2.3 両端自由単純エクスポネンシャルホーン



2.4 両端自由単純カタノイダルホーン



2.5 両端自由ステップホーン



2.6 両端自由ストレートコニカルホーン



2.7 両端自由ストレートエクスポネンシャルホーン



2.8 両端自由ストレートカタノイダルホーン



2.1 両端自由ストレートホーン

条件		結果	
ヤング率 E	205.80 GPa	共振長 L	12.79 cm
密度 ρ	7.86 g/cm ³	振幅増幅率 M	1.00
音速 V	511695 cm/s	変位節位置 N	6.40 cm
周波数 f	20000 Hz		
直径 D	5 cm (<math>< \lambda/4</math>)		

両端自由ストレートホーン入力画面

計算条件

- 弾性係数（ヤング率） : E (kgf/cm²) 音速が既知の場合は不要
密度 : ρ (g/cm³) 音速が既知の場合は不要
音速（伝搬速度） : V (cm/s) ヤング率と密度より計算する場合は不要
共振周波数 : f (Hz) 使用周波数

形状寸法

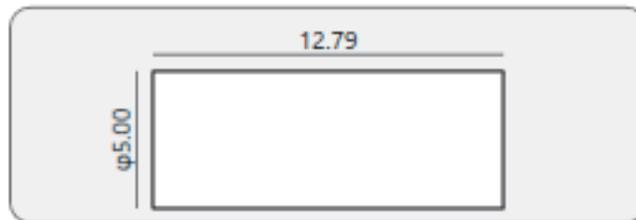
丸型両端自由ストレートホーンの形状寸法としては、

直径（ D ）

のみとなります。

ただし、両端自由ストレートホーンは直径寸法が $\lambda/4$ であれば、直径に関係なく成り立ちます。

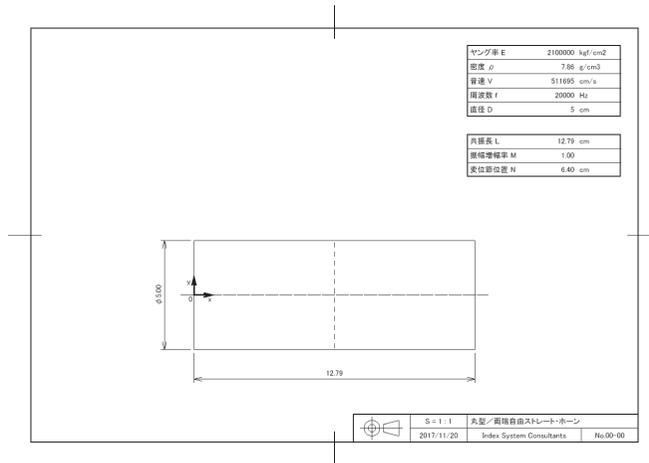
注) λ : 波長



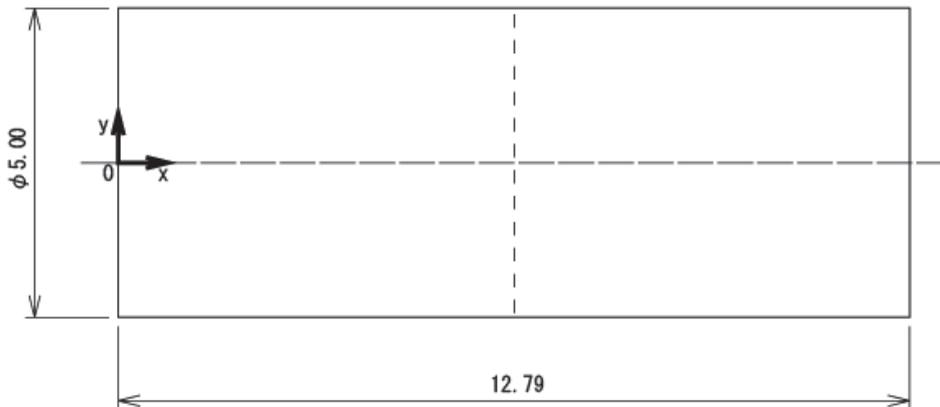
計算結果概略図

計算結果として、共振長 L 、振幅増幅率 M 、変位節位置 N が表示されます。

印刷を実行すると、下図のように A4 サイズで印刷されます。出力内容としては、入力データ表、計算結果表および固体ホーン平面図となります。



両端自由ストレートホーン計算結果印刷



両端自由ストレートホーン正面図

注) 一般にストレートホーンは振動増幅率 M=1 ですが、複合材料の場合は振幅が変化します。

2.2 両端自由単純コニカルホーン

条件		結果	
ヤング率 E	205.80 GPa	共振長 L	13.77 cm
密度 ρ	7.86 g/cm ³	振幅増幅率 M	2.324
音速 V	511695 cm/s	変位節位置 N	5.68 cm
周波数 f	20000 Hz		
後端直径 D1	5 cm		
先端直径 D2	2 cm		

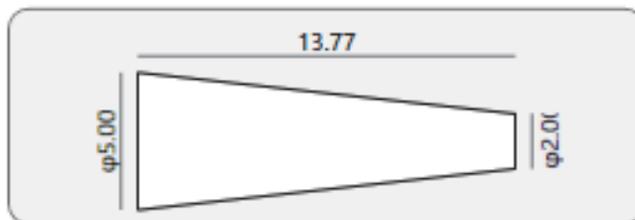
両端自由単純コニカルホーン入力画面

計算条件

- 弾性係数（ヤング率） : E (kgf/cm²) 音速が既知の場合は不要
密度 : ρ (g/cm³) 音速が既知の場合は不要
音速（伝搬速度） : V (cm/s) ヤング率と密度より計算する場合は不要
共振周波数 : f (Hz) 使用周波数

形状寸法

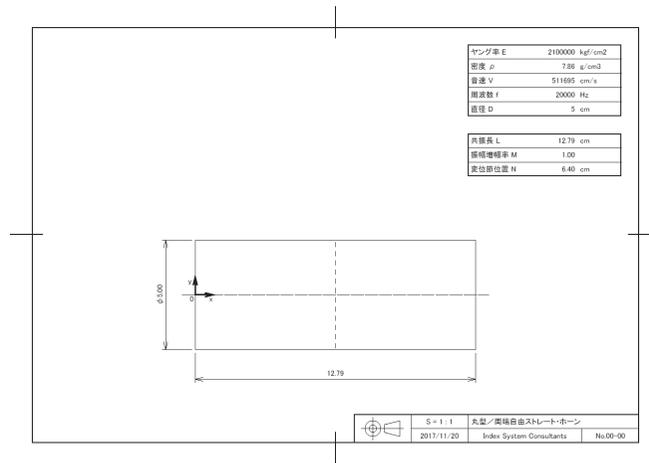
丸型両端自由単純コニカルホーンでは形状寸法として、
後端直径（D1）
先端直径（D2）
を入力します。



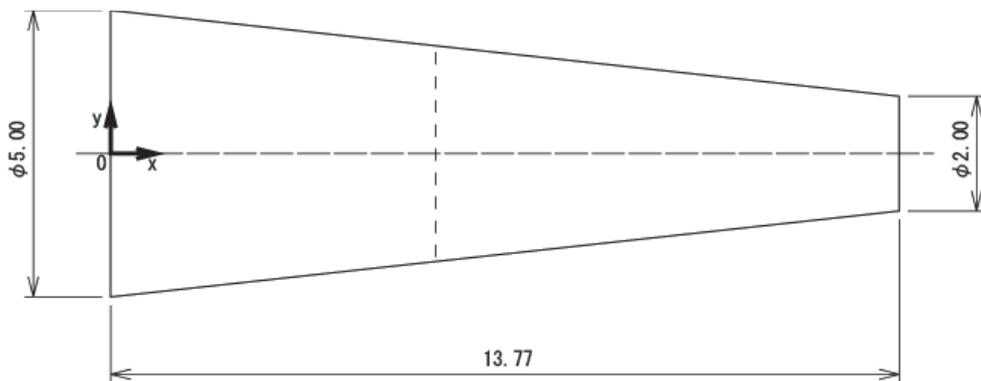
計算結果概略図

計算結果として、共振長 L、振幅増幅率 M、変位節位置 N が表示されます。

印刷を実行すると、下図のように A4 サイズで印刷されます。出力内容としては、入力データ表、計算結果表および固体ホーン平面図となります。



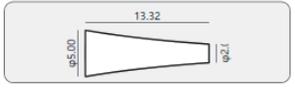
両端自由単純コンカルホーン計算結果印刷



両端自由単純コンカルホーン正面図

2.3 両端自由単純エクスポネンシャルホーン

丸型/両端自由単純エクスポネンシャル・ホーン		結果	
条件		カーブ定数 m	0.0686
ヤング率 E	205.80 GPa	共振長 L	13.32 cm
密度 ρ	7.86 g/cm ³	振幅増幅率 M	2.500
音速 V	511695 cm/s	変位節位置 N	5.46 cm
周波数 f	20000 Hz		
後端直径 D1	5 cm		
先端直径 D2	2 cm		



印刷 閉じる

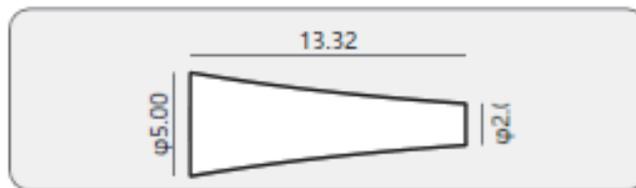
両端自由単純エクスポネンシャルホーン入力画面

計算条件

- 弾性係数（ヤング率） : E (kgf/cm²) 音速が既知の場合は不要
密度 : ρ (g/cm³) 音速が既知の場合は不要
音速（伝搬速度） : V (cm/s) ヤング率と密度より計算する場合は不要
共振周波数 : f (Hz) 使用周波数

形状寸法

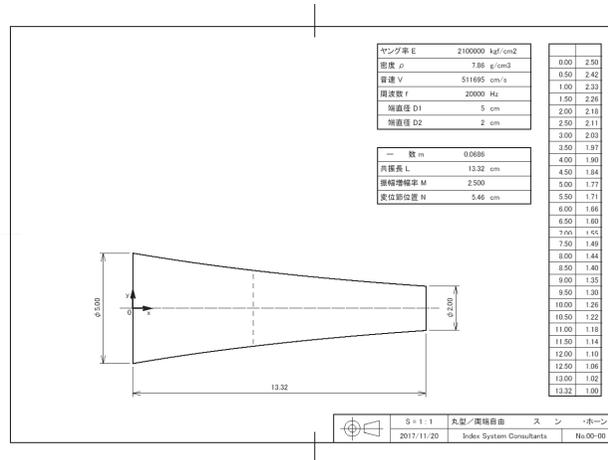
丸型両端自由単純エクスポネンシャルホーンでは形状寸法として、
後端直径 (D1)
先端直径 (D2)
を入力します。



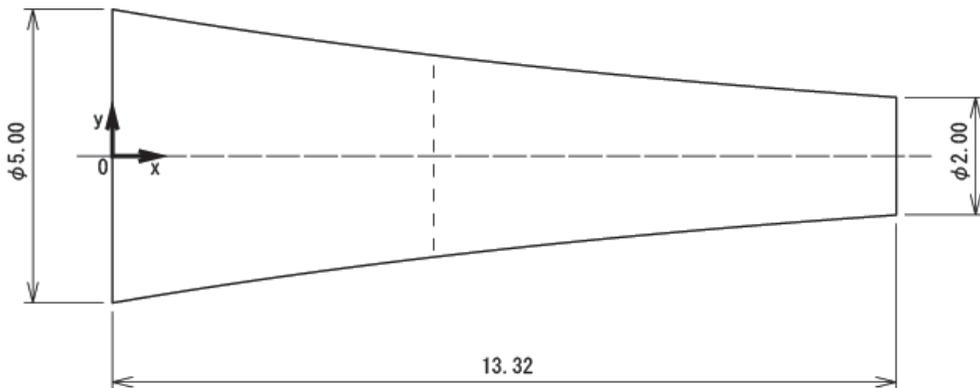
計算結果概略図

計算結果としては、カーブ定数 m、共振長 L、振幅増幅率 M、変位節位置 N が表示されます。

印刷を実行すると、下図のように A4 サイズで印刷されます。出力内容としては、入力データ表、計算結果表、および固体ホーン平面図の他、共振部分長 L の寸法表が印刷されます。共振部分長 L の出力間隔はメインメニュー画面の「設定」で入力された値に対応しています。



両端自由単純エクスポネンシャルホーン計算結果印刷



両端自由単純エクスポネンシャルホーン正面図

2.4 両端自由単純カテナイダルホーン

条件	値	単位
ヤング率 E	205.80	GPa
密度 ρ	7.86	g/cm ³
音速 V	511695	cm/s
周波数 f	20000	Hz
後端直径 D1	5	cm
先端直径 D2	2	cm

結果	値	単位
カーブ定数 m	0.1254	
共振長 L	12.50	cm
振幅増幅率 M	2.852	
変位節位置 N	5.06	cm

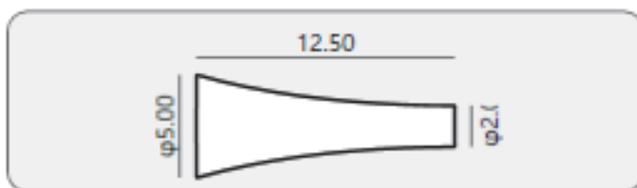
両端自由単純カテナイダルホーン入力画面

計算条件

- 弾性係数（ヤング率） : E (kgf/cm²) 音速が既知の場合は不要
密度 : ρ (g/cm³) 音速が既知の場合は不要
音速（伝搬速度） : V (cm/s) ヤング率と密度より計算する場合は不要
共振周波数 : f (Hz) 使用周波数

形状寸法

丸型両端自由単純カテナイダルホーンでは形状寸法として、
後端直径 (D1)
先端直径 (D2)
を入力します。



計算結果概略図

計算結果として、カーブ定数 m、共振長 L、振幅増幅率 M、変位節位置 N が表示されます。