# FreeCAD(ver.1.0)を用いた トポロジー最適化マニュアル (プルタブオープナーのトポロジー最適化編)



本マニュアルは神戸高専機械工学科早稲田研究室の卒研メンバー(学生)によって開発されています

Kobe City College of Technology, Waseda Lab. 2025

目次

1. FreeCAD での「プルタブオープナー」のトポロジー最適化手順 ····· 2

# ・(1)~(12) サンプルファイルを開く~トポロジー最適化まで ・(13) パラメーターを変えてみる—その1(メッシュの大きさ) ・・・・ 10 ・(14) パラメーターを変えてみる—その2(力の大きさ) ・・・・・ 10 ・(15) パラメーターを変えてみる—その3 (トポロジー最適化の細かさを変える。) ・・・・・ 11

夜処埕		15
・3D プリントする場合	•••••	17
・レーザー加工機による切断の場合	••••••••••••	18
付録1トポロジー最適化の導人	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	24
付録2 トポロジー最適化の計算ファ1	´ルの一時ファイルの場所・・・・・	28
編集履歴	•••••	29

# 本テキストのスクリーンショットは環境設定パック「FreeCAD-themes」をインストールし てテーマ(UI)を Light-modern に変更、パネル類もドッキングウィンドウオーバーレイで変 更して半透明表示がされるようにしています。

	₩定	>
■ アドオン・マネージャー ? ×	v- <b>X</b> ∉≠	標準
[ ] [ ] 2/ルター 環境設定/v9.任意 ≤ 7ルファベット機 ≤ ↑↓ 校告。	- 標準 - ドミント	言語と数値の書式 言語 日本語 ❤
Behave-Dark Colors v0.11 かりeye+timedy.behave.dat.color Applements pok: https://dl.coler.ternomics.cole.applements/behave.dat.coler 得行担当者: Chrimettal derizmettalBehave-Sad	- 灌沢範囲 - キャッシュ - 通知領域	デフォルトの単位系 (標準(mm, kg. s, *) ◇ 小数点以下相談 2 ○ □ □ プロジロトの単位系を無視してデフォルトを使用 数値の書式 オペレーティング ジンテム ◇ □ 小鉄点以下の区切り文字
Built-In Preference Packs v122 2万 stylesheet. Theme, no stylesheet, beta, background     Beta versions of the preference Packs included with the FreeCAD distribution     保守担当体 MaterNaker CanailWhotecadare)	- レポートユー - ヘルプ )- <b>(三)</b> 表示	<b>アプリケーション</b> テーマ そもじ≶くのチーマをか <u>度</u> しできか? <u>試験者会の登録</u> を変用して数得できます。
Pracula v@25 かび.dncula, dsk, color Dracula dsk, thene for FreiCAD  保行担当体 Elsaror Clifford (elsanor@clifford.bb/)	}- (値) ワークパンチ }- (巻) Python	ツールドーのアイユのサイズ         中(24px)         マ           ツノービューとプロパティビューのモード         場合         マ           最近時期にとアイルー第回がイズ         4         ロ           ローニアキャルキャル         日本         ロ
FreeCAD-themes vA22577 95/lieht.dox. Additional Itemes for FreeCAD 保行担当者 The FreeCAD Team (Homes@freecad.org)	)- 👩 747x73-54- )- 🔁 12#+/1292#+	
OpenTheme *424/87 多方 lick. OpenThemes recommended settings, 2024. dark. An accessible and coordinated set of Light and Dark themes for FreeCAD (保守證論でDarlisk?@ Konnail@freeced.org/	}- ਾਊ Measure }- ⊖ ਵਜ਼/ਸ/ }- 🜌 Part/Part Design	福號(SE/107/fs 79)
ProDark ThemePack         v700         % professional stylesheet.dark           Product         PonPack categories and inclusions of the RHE polary information for a categories and inclusions.         %	)- <b>(19</b> 279 <del>74-</del>	設定を行い水ート。新規保存。管理。 元: 戻す
ローカルキャッシュを更新 🛃 更新を確認 Pythonの広存期後…	91291-	OK キャンセル 適用

# 1. FreeCAD での「プルタブオープナー」のトポロジー最適化手順

(1) サンプルファイル「20241122-can-opener-topology-2D\_2-FC1\_0.FCStd」を開く(「ファイル」
 →「開く」でも可)。

FreeCAD 1.0.0		<u>注意!デスクトップにある</u>	シファイルを	ダブルクリ	<u>ックで開</u>	<u> &lt;</u>
	w ^l/# (*),= (*),(*),(*,*),(*) (*),*(*),(*),(*),(*),(*),(*),(*),(*),(*)	<u>と正常に動作しません!</u> 「閉く」機能でサンプ	らず <u>FreeC</u> ルファイルな	AD を起動 こ思いてくた	<u>してか</u> <u>~</u> さい	<u>5.</u>
新規ファイル	「↓ ドキュメントを開く					×
パラメトリックパーツ パートデザインワーク パートデザインワーク パージを作 成         Pセンプリ           アセンプリカロジェクト を作成         アセンプリカロジェクト	$\leftarrow \rightarrow \checkmark \uparrow$	■ > デスクトップ		~ C デス	クトップの検索	م
空ファイル 空ファイル 新しいFreeOADファ 新しいFreeOADファ	整理 ▼ 新しいフォルダ	t_			≡	- 🛯 😗
	<u>↑</u> ホーム	名前	更新日時	種類	サイズ	
最近使用したファイル	▼1 ギャラリー	<u></u> 2025-実習3Dテキスト	2025/04/11 16:53	ファイル フォルダー		
		<mark>二</mark> 移動	2025/04/10 10:48	ファイル フォルダー		
	/ Glieblive	━━ 新しいフォルダー	2025/04/11 16:57	ファイル フォルダー		
		20241122-can-opener-topology-2D_2-FC1_0.FCStd	2025/01/10 16:02	FreeCAD Document	8,590 KB	
	🛄 デスクトップ 🖈	🔁 Duck.ai	2025/04/04 19:27	インターネット ショート	1 KB	
20230929-test-mechan: 20230428-mechanical 20230428 863.kb 44.3.kb 1885.kb	*2 🛓 ダウンロード 🖈 '	🚬 Temp - ショートカット	2025/03/11 12:06	ショートカット	2 KB	
	📑 ドキュメント 🖈	声 パブリックのドキュメント - ショートカット	2025/03/11 12:05	ショートカット	2 KB	
サンフル	🔀 ピクチャ 🔹 🖈					
	🚺 ミュージック 🖈					
X Open first start setup	🛂 ८७७४ 🔹 🖈					
Preselected_J011122_car_opener_topology_20_2_FO1_0.BicoleanFragmentsEdge72 (~	771	(ル名( <u>N</u> ): 20241122-can-opener-topology-2D_2-FC1_0.FCStd		V Su	pported formats ( 開く( <u>Q)</u>	(*.FCStd *.3 〜 キャンセル

(2) FEM ワークベンチに切り替える





(3) 解析コンテナを右クリックして「解析をアクティブ化」する



(4)解析を実行する「 <sup>SolverCcxTools</sup>」をダブルクリック。



(5) 図の部分(作業ディレクトリ欄)で右クリックして「すべてを選択」し、もう一度右クリックして「コピー」する。



(6)「inpファイルの書き出し」をクリック(書き出しは非常に時間がかかる)し、「CalculiX を実行」で解析が 実行される。(下図は9.8秒で解析が完了した)解析が終わった(CalculiX done without error!) ら、「閉じる」ボタンを押す。

閉じる	閉じる		閉	5
□ 供有能力 ~	□ 機械解析	^	🕞 機械解析	· ·
作案ディレクトリ 00¥AppData¥Local¥Temp¥fcfem_lpImyw5q 解析タイプ ● 静約	作業ディレクトリ00¥AppData¥Local¥Temp¥fcfem_ 新坊タイプ  ●静的   周辺成 数機械   メッジ2 座屈	plmyw5q 故 1を確認 フライリた得生	作業ディレクトリ 00¥AppData¥Local¥Ter 解析タイプ ● 静約 熱機様 座屈 Ion 7=ℓ1μの主条共1.	np¥tcfem_lplmyw5g _ 周波数 メッシュを確認 bo ファイルを編集
Calcut 改美行	CalculiXを実行 0.0: Check dependencies 100.4: Write completed.		Re-run Determining the structure Using up to 6 cpu(s) for s number of equations 107118 number of expanses lower th	CalculiX or the matrix:
			4650534 Using up to 6 cpu(s) for th Using up to 6 cpu(s) for th Factoring the system of e Using 1 cpu for spooles. Using up to 6 cpu(s) for th Job finished 4.0: CalculX done without 4.0: Loading result sets	he stress calculation. he symmetric stiffness/r quations using the symm he stress calculation. t error!
時間:	Time: 100.4:		< Time: 9.8:	>

(7)「CCX\_Results」をダブルクリックして、解析結果をみてみる。





確認できたら、「閉じる」ボタンを押す。(エラーメッセージがでることがあるが、無視して OK)

(8)トポロジー最適化をする。メニューの「マクロ」→「マクロ」を選択する。



あるいは メニューアイコンの



## 「beso\_fc\_gui.py」を選択して「実行」ボタンを押す。

📝 マクロの実行				?	×
マクロ名:				実行	ī 💦
beso_fc_guipy				閉じ	ð 🔨
ファイルを検索		ファイル内を検索:			
ユーザーマクロ	システムマクロ				
beso_conf.py	1				
beso_fc_gui,	py				
beso_lib.py	, ,			作历	ž.
beso_main.p	y			削除	Ê.
beso_piots.p	y ie.pv			編集	ŧ
m2a-00-pyth	on.FCMacro			名前の	変更
m2a-00-pyth	on2-1.FCMacro			複製	ų.
m2a-00-pyth	on2.FCMacro			ッール	15-
				ダウンロ	ード
ィューザーマクロの	保存先				
C:/Users/DFL	-00/AppData/Roaming/FreeC	AD/Macro			

(9)「Select analysis file」をクリックして、ファイル選択のダイアログが開く。「ファイル名」の口枠部分で 右クリックして、「貼り付け」をして、そのまま「開く」ボタンを押す。

🔀 BESO Topology	Optimization (experimenta	l)		? ×					
Select analysis file	None analysis file selected	1			Ĵ	まくできなか	った場合	こは、Wind	ows のエ
Update domains	Domain 0	Domain 1	Domain 2						
Material object	MaterialSolid	None	∨ None	$\sim$		スプローラー	- CIC:¥	•Users¥⊥	ーリー名
Thickness object	None	None	∨ None	~	¥	AppData¥L	_ocal¥T	emp¥ラン	ダムな文
As design domain						「「」」「フクわ」		, いし フ <del>左</del> つ	
Stress limit [MPa]					L L	ゆりしにアクセン		LAXA1	
	Filter 0	Filter 1	Filter 2			ファイル名」の	枠に貼り作	すける。	
Туре	simple V	None 🗸	None 🗸						
Range (mm)	auto V 0.	auto 🗸 0.	auto 🗸	0.	4		<u></u> > »	目泣ルのヨ	每一一 / 1
Direction vector	0, 0, 1	0, 0, 1	0, 0, 1	_	②	考: 何球 3 下	・ホロシー	最週化の計	昇ノアイル
Арру то	Domain 0 Domain 1 Domain 2	Domain 0 Domain 1 Domain 2	Domain 0 Domain 1 Domain 2		σ	ー時ファイルの	の場所		
						$\neg$			
🕼 Select file				? ×					
ፖドレス:	¥Users¥DFL-00¥Desktop		- G O O	🙈 🗄 🔳	🕼 Select fil	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •		-	? ×
	名前 Temp	サイズ タイプ	更新日		アドレス:	C¥Users¥DFL-00¥Desktop	5	- G O O	🙉 🖽 🔳
DFL-00	2025-実習3Dデキスト	ファールダ	2025/04/11 18:26		עברק 💻	2-9 名前	サイズ	タイプ 更新日 🔳	
	Documents	ファールダ	2025/04/10 19:16		DFL-0	) Temp 2025-実習3Dテキ자		ファルダ 2025/04/11 18:28 ファルダ 2025/04/11 18:26	
-	移動	ファルタ	2025/04/10 10:48			■ 新しいフォルダー		77ルダ 2025/04/11 16:58	
						≥ 移動		ファルダ 2025/04/10 19:16 ファルダ 2025/04/10 10:48	
_									
	左クレック								
ファイル名(N):		元に戻す( <u>U</u> ) やり直す(R)	Ctrl+Z	間(①) キャンセル					
Analy:	ara i nua (*.intp)	切り取り(1)	Ctrl+X	1	ファイル名( <u>N</u>	C:#Users#DFL=00#AppData#L	ocal¥Temp¥fcfem_lpImy	w6q	MK(Q)
		コビー( <u>C</u> ) 見り付け( <u>P</u> )	Ctrl+C Ctrl+V		ファイルの種類	fcfem_lplmyw5q			キャンセル
		A1186							12

# 「FEMMeshGmsh.inp」を選択して、「開く」ボタンを押す。

📝 Select file		? ×	厚 BESO Topology	Optimization (experime	ental)	? ×
アドレス:	C#Users#DFL-00#AppData#Local#Temp#fcfem_lpImyw5q G O ( ないたいのではないのでは、「「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」」の「」の「」」の「」」	) 🛤 🗉	Select analysis file	C:/Users/DFL-00/AppE	iata/Local/Temp/fcfem_lplmy	w5q/FEMMeshGmsh.inp
DFL-00	FEMMeshGmsh.inp 1,0KiB in1/J/ 2025/04/11 18:07		Update domains	Domain 0	Domain 1	Domain 2
			Material object	MaterialSolid	∨ None	✓ None ✓
			Thickness object	None	√ None	✓ None
			As design domain			
			Stress limit [MPa]			
				Filter 0	Filter 1	Filter 2
			Туре	simple 🗸	None 🗸	None 🗸
			Range [mm]	auto 🗸 0.	auto 🗸 0.	auto 🗸 0.
ファイル名( <u>N</u> ):	FEMMeshGmsh.inp	IIII ()	Direction vector	0, 0, 1	0, 0, 1	0, 0, 1
ファイルの種類:	Analysis Files (* inp)	**/20/	Apply to	All defined	All defined	All defined

(10) 次図のようにパラメーターを選択したのち、「Generate conf. file and run optimization」
 を押す(トポロジー最適化を実行する)。



コンピューターの性能によるが、数分から数十分解析時間がかかる。(下図はトポロジー最適化を7回繰り返したところ)



(11) 質量が減らなくなってからしばらくたつと、トポロジー最適化が終了する(30 回目以降質量低下が ほとんどない)。



#### トポロジー最適化を終了すると「total time?min??s」が表示される。

開始 × 20241122-can-opener-topology-2D\_2-FC1\_0:1\* ×
18:59:02 energy\_density\_mean = 3.2248122017308117e-07
18:59:02 maximum relative difference in energy\_density\_mean for the last 5 i
18:59:03 total time: 0 h 6 min 17 s

Preselected: \_0241122\_can\_opener\_topology\_2D\_2\_FC1\_0.BooleanFragments.Vertex74 (-16.16 mm, 32.46 mm, 0.00 mm)

#### グラフのウィンドウは×ボタンを押して閉じる。





BESO Topology	Optimization (experimen	tal)	?	×	
ielect analysis file	C:/Users/DFL-00/AppDa	tall.ocal/Temp/fcfem_6xrdu	:1k/FEMMeshGmsh.inp		
Ipdate domains	Domain 0	Domain 1	Domain 2		
Material object	MaterialSolid	V MaterialSolid001	✓ None	~	
Thickness object	ElementGeometry2D	ElementGeometry2D	V None	~	
As design domain			Ø		
Stress limit [MPa]					
	Filter 0	Filter 1	Filter 2		
Туре	simple 🗹	None	None		
Range (mm)	auto 🗸 0.	auto \vee 0.	auto 🗸 0.		
Direction vector	0, 0, 1	0, 0, 1	0, 0, 1		
Apply to	Domain 1 Domain 2	Domain 0 Domain 1 Domain 2	Domain 0 Domain 1 Domain 2		
Other settings					
Change per iteration:	low	high			
Optimization base	stiffness $\vee$				
llass goal ratio	0.4		Help		
Senerate conf, file			Example		
	Generate conf.		Conf. comm	ints	
idit conf. file	file and run optimization				

(12) トポロジー最適化後のモデルを開く

新しい空のドキュメントを作成する( 🔓 )。



(13) 「ファイル」→「インポート」でトポロジー最適化した形状を開く

「ファイル名」欄の口枠部分で右クリックして、「貼り付け」をして、そのまま「開く」ボタンを押す。

📝 名称未設定1 - FreeCAD 1	.0.0		📝 ファイルをインボート					×
<mark>ファイル(E)</mark> 編集(E) 表示(⊻) → 新規(N)	ツール( <u>T</u> ) Ctrl+N	マクロ( <u>M)</u> Sketch <u>P</u> art Design ウクドウ( <u>M)</u> ヘルプ( <u>H</u> )   ● 《 会 会 』 - 《 の 会 会 寺 …	$\leftarrow \rightarrow \checkmark \uparrow$	> デスクトップ		~ C デ	リクトップの検索	م
■ 開く( <u>0</u> )	Ctrl+O		整理 ▼ 新しいフォルタ	-			≣ •	
1日(3(0)	Christer		<u>∧</u> #-4	名前	更新日時	種類	サイズ	
は まべて 問(3(1)	Culture	D_2	RI Katila	■ 2025-実習3Dテキスト	2025/04/11 19:02	ファイル フォルダー		
□ 保存(S)	Ctrl+S			<mark>二</mark> 移動	2025/04/10 10:48	ファイル フォルダー		
名前を付けて保存(A)			> OneDrive	── 新しいフォルダー	2025/04/11 16:58	ファイル フォルダー		
コピーを保存(C)				🔧 Duck.ai	2025/04/04 19:27	インターネット ショート	. 1 KB	
🔛 全て保存			🛄 デスクトップ 🖈	🗾 Temp - ショートカット	2025/03/11 12:06	ショートカット	2 KB	
💁 元に戻す			🛓 ダウンロード 🏾 🖈	🚬 パブリックのドキュメント - ショートカット	2025/03/11 12:05	ショートカット	2 KB	
🚽 12#-h(j)	Ctrl+		ドキュメント #					
→ エクスポート(E)	Ctrl+E		N 1770					
<ul> <li>ドキュメントの統合…</li> </ul>					_			
·····································			<b>U</b> (1-099) *	石クリ	ックー			
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	Ctrl+P		🛂 ८७७४ 🛷					
「「「「」」」」」「「」」」」」「「」」」」」「「」」」」」「「」」」」」「「」」」」	-		771	ル名(N): C:4Users4DFL-00¥AppData4Local4Temp4fcfe	m 6xrduk1k	~ Si	upported formats ( *,	3DS *.3M ~
								±+**/4/1.
Main 1 (∑)	_	1				L		11200
			L					

更新日時をクリックし、最も更新時間が最新のファイル「file(数字)\_state1.inp」を開く。(下図の場合 ltfile056\_state1.inpJ)

🕼 ファイルをインボート						×	🕼 7x111&12#->					×
$\leftrightarrow \rightarrow \checkmark \uparrow$		> DFL-00 > AppData > Local > Te	mp > fcfem_6xrduk1k		v 🔿 fcfem_6xrduk	k1kの検索 ,P	$\leftrightarrow$ $\rightarrow$ $\checkmark$ $\uparrow$	🚞 > DFL-00 > AppData > Local	> Temp > fcfern_6xrduk1k		r 🔿 fcfem_6xrd	luk1kの検索 P
整理 ▼ 新しい	フォルダー					≣ • 🖬 😗	整理 ▼ 新しいフォル	4-				II • 🖬 😗
A-#	1	名前	更新日時	種類	サイズ	1	A #-4	名前	更新日時	種類	サイズ	
▶ ギャラリー		energy_density_mean.png	2025/04/11 18:59	PNG ファイル	31 KB		NI Swall-	energy_density_mean.png	2025/04/11 18:59	PNG ファイル	31 KB	
> OneDrive	1	FEMMeshGmsh.dat	2025/04/11 18:52	DAT 7711	1 KB		0.000	file056.vtk	2025/04/11 18:59	VTK ファイル	1,137 KB	
, Chebine	-1	FEMMeshGmsh.frd	2025/04/11 18:52	FRD ファイル	11,816 KB		> ConeDrive	Mass.png	2025/04/11 18:59	PNG ファイル	25 KB	
	- 1	FEMMeshGmsh.inp	2025/04/11 18:51	INP ファイル	1,009 KB			file055.vtk	2025/04/11 18:58	VTK ファイル	1,137 KB	
三二 デスクトップ	*	file000.vtk	2025/04/11 18:52	VTK ファイル	1,130 KB		🛄 デスクトップ 🖈	file056_state0.inp	2025/04/11 18:58	INP ファイル	566 KB	
🛓 ダウンロード	*	file001.vtk	2025/04/11 18:53	VTK ファイル	1,132 KB		🛓 ダウンロード 👒	file056_state1.inp	2025/04/11 18:58	INP ファイル	572 KB	
ドキュメント	*	file001_state0.inp	2025/04/11 18:52	INP ファイル	53 KB		🔛 F#1X7F 🛷	resulting_states.vtk	925/04/11 18:58	VTK ファイル	1,742 KB	
🔀 ビクチャ	*	file001_state1.inp	2025/04/11 18:52	INP ファイル	1,032 KB		🔀 ビクチャ 🏾 🖈	file055_state0.inp	2025/04/11 18:58	INP ファイル	566 KB	
n 51-977		file002.vtk	2025/04/11 18:53	VTK ファイル	1,132 KB		A 57-1277 +	file055_state1.inp	2025/04/11 18:58	INP ファイル	572 KB	
11 122+		file002_state0.inp	2025/04/11 18:53	INP ファイル	77 KB			file054.vtk	2025/04/11 18:58	VTK ファイル	1,137 KB	
	<i>~</i>	file002_state1.inp	2025/04/11 18:53	INP ファイル	1,012 KB		M 157A 94	file053.vtk	2025/04/11 18:58	VTK ファイル	1,137 KB	
	771)	/翁(N):			<ul> <li>Supported for</li> </ul>	ormats ( *.3DS *.3M \vee	71	rイル省(N): file056_state1.inp			~ Supported	formats ( *.3DS *.3M $ \smallsetminus $
					<b>■</b> <( <u>0</u> )	<ul> <li>キャンセル</li> <li></li></ul>					₩<( <u>Q</u> )	▼ キャンセル

Suppo

ted formats ( \*.3DS \*.3M 開く(Q) |▼ キャンセル



#### 最適化された形状が表示される。



ファイル名(N): file056\_state1.inp

トポロジー最適化の一連の"基礎"手順はここで終了。

この形はあくまで「設定した条件(動かす力の大きさ、質量をどれくらい減らすか)」による。動かす力の大きさや、パラメーターを変えると形状は変化する。<u>(14)、(15)、(16)などをやる</u>。

3D プリントやレーザー加工機での切断、CNC 加工機で加工したい場合は「後処理」の手順をする。

(14) パラメーターを変えてみる―その1(メッシュの大きさ)

「FEMMeshGmsh」をダブルクリック



メッシュ(要素)の大きさを変える:「メッシュの最大値を変える」。 「最大要素サイズ」を 1.2mm~ 2.0[mm]の間の範囲で変える。(細かいと計算時間が長くなる。粗いと計算時間は短くなるが、カクカ クした形状に)<mark>「適用」ボタン</mark>を押して、「**OK」を押す**。



(15) パラメーターを変えてみる―その2(力の強さ)

「ConstraintForce005」を選択→データタブの Base→Force [mm\*kg/s<sup>2</sup>]」値を変える。 50000[mm\*kg/s<sup>2</sup>]~100000[mm\*kg/s<sup>2</sup>](50~100[N])の間で (初期値は 50000[mm\*kg/s<sup>2</sup>](50[N])=5.99 [kgf])。



(16) パラメーターを変えてみる―その3(トポロジー最適化の細かさを変える。) (Mid(中間)の場合には、計算時間が倍以上になり、80回以上最適化を試みることになった)



# パラメータを変えた後は、(3)からの手順を実行する。

先ほど「トポロジー最適化後のモデル」を開いた画面「名称未設定ファイル」で今回の最適化後のモデル を開く(今回の場合は「file086\_state1.inp」が最も最新のファイル)



$\leftarrow \rightarrow \checkmark \uparrow$	•	DFL-00 > AppData > Local > T	emp → fcfem_g1o7u96b	~	C fcfem_g1o7u9	6bの検索 <b>ク</b>
整理 ▼ 新しいフォ	tルダー					≣ • 🔟 😗
☆ホーム	1	名前	更新日時	種類	サイズ	1
ギャラリー		energy_density_mean.png	2025/04/11 19:28	PNG ファイル	33 KB	
	1.	Mass.png	2025/04/11 19:28	PNG ファイル	26 KB	
/ Solebilve		file086.vtk	2025/04/11 19:28	VTK ファイル	919 KB	
		file086_state0.inp	2025/04/11 19:27	INP ファイル	450 KB	
🛄 デスクトップ 🗦	*	file086_state1.inp	2025/04/11 19:27	INP ファイル	478 KB	
🛓 ダウンロード 🔅	* 1	resulting_states.vtk	2025/04/11 19:27	VTK ファイル	1,793 KB	
F#1X2F	*	file085.vtk	2025/04/11 19:27	VTK ファイル	919 KB	
🔀 ピクチャ 🛛		file084.vtk	2025/04/11 19:27	VTK ファイル	919 KB	
		file085_state0.inp	2025/04/11 19:27	INP ファイル	450 KB	
		file085_state1.inp	2025/04/11 19:27	INP ファイル	477 KB	
		file084_state0.inp	2025/04/11 19:27	INP 774JU	450 KB	
	ファイル名	(N): file086_state1.inp			<ul> <li>Supported for</li> </ul>	mats ( *.3DS *.3M $ \sim$
					開<(Q)	▼ キャンセル





·後処理

(1) メッシュの修正および 3DCAD データ化

3D プリントしたいモデルを選択し、「Mesh」→「FEM メッシュからメッシュへ」を選択する。 (FEM ワー





**メッシュからパーツに変換する。(svg 形式でエクスポートしたり、2D モデル**は厚みを持たせるために、 以下の作業をする。)

- (2) 「Part」ワークベンチに切替える。
   Prate
   FEM
   Inspection
   Material
   Mesh
   OpenSCAD
   Part Design
   Part
   Points
   Reverse Engineering
   Robot
- (3) メッシュから形状を作成する。

Mesh を選択した状態で、メニューの「パート(部品)」→「メッシュから形状を作成」を選択する。 「シェイプを縫い合わせ」にチェック ✓を入れ、「縫い合わせ用のトレランス」は 0.1 のままでよい。





(4) 形状の最適化をする。

Mesh001(作成されたパーツ)を選択した状態で、メニューの「パート」→「コピーを作成」→「形状を高 精度化」を選択する。





#### (5) 厚みを持たせる

(高精度化された)Mesh001 を選択した状態で、メニューの「部品」→「 🍑 押し出し」を選択する。 「押し出し」パラメーターで、「長さ」を希望の長さ(下図は順方向に 3.5mm の厚さ)にして、 「OK」を押す (注意!「適用」を押すと、2 重に押し出しをしてしまう)





(このモデル(ファイル)を提出してください。)

レーザー加工機で切断する場合は(6)、(7)の作業を飛ばす。

(6) Stl 形式でエクスポートする

Extrude を選択した状態で、メニュー「ファイル」→「エクスポート」を選択する。(ファイルの種類に注意)



 (7) スライサーソフトウェアで stl ファイルを開き(操作方法はスライサーソフトウェアによる)、スライス を実行して g-code が出力できれば OK(エラーが発生する場合:修正するか?などのメッセージがでる (スライサーソフトウェアによる))

ファイル() 編載() スライス() 株売() マール() ヘルプ()         () () () () () () () () () () () () () (
<ul> <li>● ステイスの実行</li> <li>● マライスの実行</li> <li>● マライス</li></ul>
2000 (Contraction of the contraction of the contrac

レーザー加工機で切断する場合は(8)以降を実施する。

#### (8) 断面形状(線形状)を作成する

「Mesh002」を選択した状態でアイコンメニューから断面 <sup>≇</sup>ボタンを押す。(あるいは「パート」→「断面」)を選択し、「XY 方向」(そのまま)で「<mark>OK」を押す</mark>。





(9) 断面形状データを分割する

(8)の作業で作成された「Mesh001001\_cs」を選択した状態で「パート」→「コンパウンド」→「コンパウ ンドの分離」を選択する。「Exploded Mesh002\_cs」が作成される。



#### (10) 切断する順番を設定するための(色分け)設定をする

「Exploded Mesh002\_cs」の「>」をクリックして展開(v 中身が見える状態)し、色を変える。 (FABOOL software では色分けしてある svg ファイルは、別々の加工パラメーターを設定できる)

「(外側形状を成す線)」を選択し、「プロパティ」の「ビュー」タグの「Line Color」にて別の色を設定する (例:ピンク)





(11) 2D データ(svg)をエクスポートする(レーザー加工機で切断する場合)

「Exploded Mesh002\_cs」を選択した状態で、メニュー「ファイル」→「エクスポート」を選択する。(フ ァイルの種類に注意)





→レーザー加工機の詳しい使用方法は「Smart Laser CO2 用レーザー加工マニュアル」を参照のこと









# 付録1 トポロジー最適化の導入

FreeCAD をインストールしただけでは、BESO 法によるトポロジー最適化は動作しません。 BESO 法によるトポロジー最適化の導入方法を解説します。 (1)アドオン(add-on)の追加(機能追加:「Plot」の追加)

メニューから「ツール」→「アドオンマネージャー」をクリック。Plot を選択し、「選択をインストール/更新 する」ボタンを押す。インストールが終わると FreeCAD の再起動を促されるので、再起動する。(もうー 度アドオンマネージャーを開くとインストール済みであることが確認できる)

![](_page_24_Picture_3.jpeg)

## (2) マクロの導入(BESO)

Web ブラウザで「<u>https://github.com/calculix/beso</u>」にアクセスして、「Code」→「Download Zip」をクリックしてダウンロードする。ダウンロードした「beso-master.zip」を解凍し、中の 7 個のファイ ル(\*\*\*\*\*.py)をコピーする。

🗇 Issues 🕕 🏦 Pull requests 🕥	Actions 🖽 Wiki 🛈 Security 🖂 Insights		
P master + P 4 branches O	8 tags	Go to Sie	About
n fandal, all_available elsets		88487ec on 28 Jan 🕥 81 commits	ut Code for topology optimization
witi_files	FreeCAD gui	3 years ago	finite-element-analysis (topology-optimization
D UCENSE	Initial commit	6 years ago	calcula-fem solver
C README/md	displacement_graph	4 years ago	Readme
bese_cont.py	all_available elsets	3 months ago	4g LGPL-3.0 Literse ☆ 154 stars
beso_fc_gulpy	auto filter range	3 months ago	25 watching
beso_fibers.py	auto filter range	3 months ago	Y 32 forks
🗅 beso_lib.py	all_available elsets	3 months ago	
🗅 beso,main.py	auto filter range	3 months ago	Releases
beso_plots.py	beso_plots and fix 8	2 years ago	No releases published
beso_separate.py	separate elements to read nodal values	5 years ago	Buckman
			Packages

C		lore - Marketplace Pricing			Sign in Sign up
G calculix / b	eso (Public)	Ω Notifications     Y Fork      R			
⇔ Code ⊙ I	mues 🕕 🏦 Pul requests 💿 Action	w 🖽 Wiki 🛈 Security 🗠	Insights		
1	P master + P 4 branches 🛇 0 tags		Go to file	Code +	About
1	🕴 fandal. al_available elsets		Clone	۲	Python code for topology optimization using Calculit FEM solver.
	wiki_files	FreeCAD gui	HTTPS GIRLb CLI		finite-element-analysis (topology-optimization
1	D LICENSE	Initial commit	https://github.com/calculix/beso.git	Ø	calcalie-fern selver
1	README.md	displacement_graph	Use Git or checkout with SVN using the web URL.		D Readme
1	beso_contpy	all_available elsets	Open with GitHub Desktop		GPL-3.0 Lizense
0	beso_fc_gui.py	auto filter range			© 25 watching
1	beso_fibers.py	auto filter range	Download ZIP		¥ 32 forks
1	beso_ilo.py	all_available elsets		400	
1	beso_main.py	auto filter range	3 mont	hs ago	Releases
1	beso_plots.py	beso_plots and fix 8	2 yes	ers ago	No releases published
t	beso_separate.py	separate elements to read nodal v	alues 5 yea	es ago	
•	IEADME.md				Packages No peckages published
	beso				Contributors 1

![](_page_25_Figure_0.jpeg)

「C:¥Users¥(PC にログイン時の)ユーザー名¥AppData¥Roaming¥FreeCAD¥Macro」にコピー したファイルを貼り付ける。(通常 AppData 以降のディレクトリ(フォルダ)は<u>隠しファイル</u>となっているの で、エクスプローラーのメニュー「表示」タブで、「隠しファイル」にチェックを入れる)

![](_page_26_Figure_0.jpeg)

![](_page_27_Figure_0.jpeg)

ファイル ホーム 共有 孝	表示			~ 🕜	
■ プレビュー ウィンドウ ナビワーション ウィンドウ・ ポイン	■ 特大アイコン E 大アイコン 目 中アイコン 2 小アイコン 時一覧 ● 第冊 レイアクト ■ 現在のビュー	<ul> <li>□ 項目チェックボックス</li> <li>□ ファイル名拡張子 溜沢した項目 激売/非表示         </li> </ul>	で ま プション		」 「隠しファイル」のチェック
← → × ↑ 💄 « Roamin	ng > FreeCAD > Macro > V 🖑	,○ Macroの検索			はもとに戻してよい。
OneDrive     PC     3 80 オブジェクト     ダウンロード     ダウンロード     ズスクトップ     ドネスント     ビクチャ     ビグオ     エニジック     Windows (CC)	Grifi     Cluft of CMacro     beso_confpy     beso_fc.guipy     beso_fs.guipy     beso_filters.py     beso_init.py     beso_plots.py     beso_plots.py     beso_separate.py	更新日時 2027/05/04 22:28 2022/04/30 16:21 2022/04/30 12:45 2022/04/30 12:45 2022/04/30 12:45 2022/04/30 12:45 2022/04/30 12:45	種類 FCMACRO ファイル PY ファイル PY ファイル PY ファイル PY ファイル PY ファイル PY ファイル PY ファイル	<i>913</i>	
ネットワーク	~ <		_	>	

# 付録2 トポロジー最適化の計算ファイルの一時ファイルの場所

FreeCAD での解析(CaluculiX ソルバー)での解析作業をしているディレクトリ(フォルダー)は一時(テンポラリー)フォルダにて処理されます。その場所は以下の手順で見つかります。

![](_page_28_Picture_2.jpeg)

![](_page_29_Picture_0.jpeg)

# 編集履歴

2022/5/5 FreeCAD(Ver.0.19.4)版 初版発行(機械実習IIで使用可能な状態へ)
2023/4/14 FreeCAD(Ver.0.20.2)版 第2版発行(ドアオープナーからプルタブオー プナーへ変更。レーザー加工機での切断のための2Dエクスポートを追加)
2023/7/7 FreeCAD(Ver.0.20.2)版 第3版発行 レーザー加工機での切断のための
2Dエクスポート(切断の順番を設定できるように)修正)
2025/4/11 FreeCAD(Ver.1.0.0)版 第4版発行