

# COMSOL Multiphysics利用 の手引き

---

## Table of contents

---

1. はじめに	3
1.1. 利用できるバージョン	3
1.2. 概要	3
1.3. マニュアル	3
1.4. COMSOL Multiphysicsの利用の流れ	3
2. COMSOL Multiphysicsの使用方法	4
2.1. COMSOL Multiphysicsのコマンドライン実行	4
3. COMSOL Desktopの使用方法	14
3.1. COMSOL Desktopの概要	14
3.2. TSUBAME3上でのCOMSOL Desktopの起動	14
3.3. COMSOL Desktopの画面説明	16
3.4. COMSOL Desktopによるモデル作成と計算投入、データ解析	23
改訂履歴	41

# 1. はじめに



運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。TSUBAME4 のマニュアル類は[こちら](#)

本書は、COMSOL Multiphysicsを東京工業大学学術国際情報センターのTSUBAME3で利用する方法について説明しています。また、TSUBAME3を利用するにあたっては、[TSUBAME利用の手引き](#)もご覧下さい。利用環境や注意事項などが詳細に記述されております。COMSOLの開発元ではCOMSOLに関するWebページを公開しています。次のアドレスを参照してください。

<https://www.comsol.com>

また、計測エンジニアリングシステム株式会社のCOMSOLのページは次の通りです。

<https://kesco.co.jp/service/comsol/>

本書は計測エンジニアリング株式会社様作成の [はじめてのCOMSOL Multiphysics](#) の操作を元に作成しております。

## 1.1. 利用できるバージョン

TSUBAME3で利用可能な最新バージョンについてはTSUBAME計算サービスWebサイトの [アプリケーション](#) ページをご確認下さい。研究に支障がない限り、バグ修正の入っている最新版をご利用下さい。

## 1.2. 概要

COMSOL Multiphysicsはマルチフィジックス解析を前提として設計されている有限要素法(FEM)ベースの汎用物理シミュレーションソフトウェアです。

最大の特徴は「マルチフィジックス(連成)解析に対する柔軟性とソフトウェアのオープン性」。マルチフィジックス機能はあらゆる物理現象の組み合わせに対応(3種類以上の物理現象を無制限かつ自由に組み合わせて連成解析)できるので、実工学現象に即した高精度モデリング シミュレーションが可能です。

伝熱・流体・構造・電磁場・音響・物質輸送・移動メッシュのような基本物理、そして一般偏微分方程式系のためのシミュレーション機能を搭載しています。コアソルバが一般的な偏微分方程式系に対応しているため、分野を問わず物理現象全般に対しシミュレーションが実行可能です。

モデル作成/CADデータ読み込み フィジックス選択 材料設定 初期条件/境界条件設定 メッシュ作成 ソルバ処理 ポスト処理(グラフや3D動画生成を含む)まで一貫して1つのソフトウェアのGUI上で処理できるため、今までのように対象とする物理現象によっていくつもモデルを用意したり、次の処理のためにパラメータを加工したり、ソフト間でデータを受け渡したりする必要はありません。

## 1.3. マニュアル

comsol起動後にHELP>Documentationより確認したい項目のマニュアルを参照ください。

/apps/t3/sles12sp2/iso/comsol/<version>/multiphysics/doc/pdf/以下にpdfファイルもございますので、ブラウザから参照できない場合はこちらをご利用下さい。

## 1.4. COMSOL Multiphysicsの利用の流れ

COMSOL Multiphysicsを利用する場合は大きく分けて、COMSOL Desktopの統合環境を利用して計算を行う場合とコマンドラインから直接、各種計算プログラムを実行する場合の2種類がございます。基本的にはCOMSOL Desktopでモデルを作成し、作成したモデルをTSUBAME3上で解析する流れを想定しております。COMSOL Desktopにもジョブの投入機能はありますが、ライセンス数が少ないため、TSUBAMEではサーバデーモンはオミットされております。

本書ではCOMSOL環境の概要を、COMSOL Desktopのモデルビルダの使用方法を示す例とともに解説します。

## 2. COMSOL Multiphysicsの使用方法

運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。TSUBAME4 のマニュアル類は[こちら](#)

### 2.1. COMSOL Multiphysicsのコマンドライン実行

#### 2.1.1. インタラクティブ実行

[ログイン方法](#)を参考にログインノードにログイン後、[インタラクティブノード](#)を利用した[X転送](#)を参考にノードをX転送付きで確保して下さい。以下以降の例では、全て計算ノードにログインした状態で行います。

##### 2.1.1.1. CUI実行

プラズマモジュールのアルゴンガス充填サンプルを用いたインタラクティブ処理を以下に示します。

計算ノードにログインし、実行してください。

以下はあくまでもコマンドサンプルです。実際の計算には入力ファイルが必要となります。

```
$ cd <利用したいディレクトリ>
$ module load comsol/53
$ comsol batch -inputfile argon_dbd_1d.mph
```

28CPUを利用した並列計算

\*mphファイルの構成によっては並列計算を行いません。

```
$ cd <利用したいディレクトリ>
$ module load comsol/53
$ comsol batch -np 28 -inputfile argon_dbd_1d.mph
```

ヘルプコマンドの内容

comsol --helpコマンドでコマンドオプションの確認ができます。バージョンによって内容が異なる場合がありますので、利用されるバージョンに合わせてオプションの詳細については適宜確認してください。

53aアップデート3のヘルプコマンド例

```
$ module load comsol/53a_u3
$ comsol --help
Usage: comsol [options] [target] [target arguments]

COMSOL commands:

  comsol                Run COMSOL Multiphysics Desktop
  comsol batch          Run a COMSOL job
  comsol compile        Compile a COMSOL Model java file
  comsol mphclient      Run COMSOL Multiphysics Desktop client
  comsol mphserver      Run COMSOL Multiphysics Server
  comsol mphserver matlab Run MATLAB with COMSOL Multiphysics Server
  comsol hydra          Run Hydra commands
  comsol mpd            Run MPD commands

COMSOL options:

  -3drend <{ogl}|sw>    3D renderer: OpenGL or software rendering
  -applicationsroot <path> Specify custom path to the COMSOL Application
                        Libraries root directory
  -autosave <{on}|off>  Control saving of recovery files
  -blas <{auto}|mkl|acml|path> BLAS library to use
  -blaspath <path>      Set path to BLAS library
  -c <path>              Path to license file
  -ckl                  Use class-kit license
  -comsolinfile <path>  Path to .ini-file to use when launching
                        COMSOL
  -configuration <path> Path to directory for storing the state for
                        the GUI between sessions, and for performing
                        different caching tasks
  -data <path>          Path to data directory
```

```

-docroot <path>          Specify custom path to the COMSOL documentation
                           root directory
-forcecomsolgcc           Force load of GCC libraries shipped with
                           COMSOL
-forcegcc                 Force load of GCC libraries
-h, -help                 Show this help message
-keeplicenses <on|off>    Keep checked out licenses throughout session
-mpmode <throughput|
                           turnaround|owner> Set multiprocessor mode
-np <no. of cores|{auto}> Set number of cores
-numafirst <numa number>  Set first NUMA node to bind process to
-numasets <no. of sets>   Set number of NUMA nodes to optimize
                           processor usage
-prefsdire <path>         Path to preference directory
-recoverydir <path>       Path to recovery directories
-tmpdir <path>            Path to temporary directory
-v, -version              Show version information

Cluster options:

-f <path>                 Set path to hostfile
-mpd                      Use MPD instead of Hydra launcher in MPI
-mpi <{auto}|mpich2|intel|wccs2003|whpc2008|
                           user|path> MPI library to use. path requires
                           environment variable COMSOL_MPI_PATH
                           to be set
-mpiarg <arg>             MPI cluster-specific command arguments
-mpibootstrap <{ssh|ssh|
                           fork|slurm|
                           ll|lsf|
                           sge|jmi}> Set bootstrap server (for Hydra)
-mpibootstrapexec <path> Set executable used by bootstrap server
-mpidebug <debug level>   Set the MPI debug level
-mpienablex               Enable Xlib forwarding
-mpifabrics fabric1:fabric2 Select network fabrics where
                           fabric1 is one of <shm,dapl,tcp,tmi,ofa>
                           and fabric2 is one of <dapl,tcp,tmi,ofa>
-mpihosts <list of hosts> Comma separated list of hosts
-mpirmk <pbs>             Select resource management kernel
-mpitranslationcache <{on|
                           off}> Enable translation cache for RDMA
-mpipath <file>           MPI shared library file
-mpiroot <path>           Set path to root of MPI library installation
-mpirsh <path to command> Set path to RSH or SSH command (for MPD)
-nn <no. of nodes>        Number of nodes
-nnhost <no. of nodes>    Number of nodes on each host
-scalapack <{auto}|mkl|
                           user|path> ScaLaPACK library to use. path requires
                           environment variable COMSOL_SCALAPACK_PATH
                           to be set
-scalapackpath <file>     Set path to ScaLaPACK library

Comsol options:

-open <filename>          The input file name
-edit <filename>          The input file name to edit
-run <filename>           The input file name to run

Example:

comsol -open <filename>

```

`-tmpdir` オプション付きで起動することで、COMSOL Multiphysics ソフトウェアは指定ディレクトリをテンポラリファイル保存ディレクトリとして使用します。また、環境変数 `COMSOL_TMPDIR` を使用することもできます。COMSOL Multiphysics が環境設定ファイルを格納するディレクトリを指定するには、`-presdir` オプションを使用します。

### 2.1.1.2. GUI実行

qrshで接続したノードから直接X転送を行う場合は、下記の手順にて接続ください。なお、f\_nodeのみが対象となります。f\_node以外を利用する場合は、SSHが利用できないため、マルチノードでの実行はできません。

#### コマンド実行例

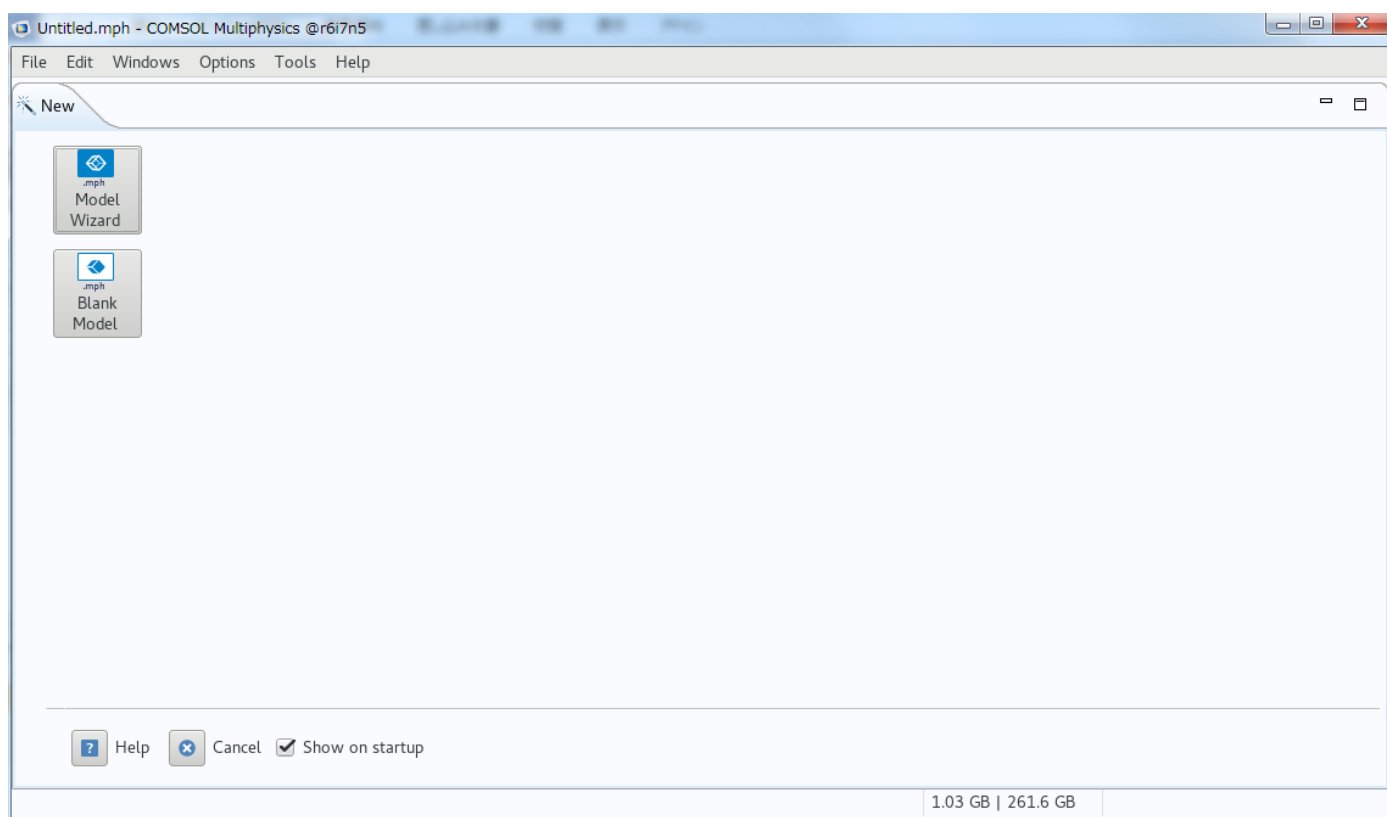
例では1ノードを2時間接続で、割り当てノードとしてr0i0n0が割り当てられた場合を想定しております。

割り当てノードはコマンド実行時に空いているノードですので、明示的にノードを指定することはできません。

```

#qrshの実行
$ qrsh -g [TSUBAMEグループ] -l f_node=1 -l h_rt=2:00:00
Thu Sep 21 08:17:19 JST 2017
r0i0n0:~> . /etc/profile.d/modules.sh
r0i0n0:~> module load comsol/53
r0i0n0:~> comsol

```



comsolスタートアップ画面

GUIでのマルチノード計算を行う場合は以下の例のように実施することで計算可能です。以下の例ではGSICGROUPに所属しているGSICUSERがf\_nodeを4ノード、3時間利用する場合の例でr4i7n3, r6i3n5, r2i4n0 および r2i3n4 がNode0から3にそれぞれアサインされています。実際の投入は所属グループを指定してください。

GUI並列実行の場合はライブラリの問題があるため、Run Application機能による計算が利用できませんのでcomputeによる計算を実行ください。

```
login1:> qsh -l f_node=4,h_rt=3:: -g GSICGROUP
r4i7n3:> . /etc/profile.d/modules.sh
r4i7n3:> module load comsol/53a_u3
r4i7n3:> comsol -mpibootstrap ssh -mpihosts `awk '{ print $1 }' $PE_HOSTFILE | xargs | sed -e 's/ /,/g'` -nn `cat $PE_HOSTFILE | wc -l`
(r4i7n3:0)
(r6i3n5:1)
(r2i4n0:2)
(r2i3n4:3)
Node 0 is running on host: r4i7n3
Node 0 has address: r4i7n3
Node 1 is running on host: r6i3n5
Node 1 has address: r6i3n5
Node 2 is running on host: r2i4n0
Node 2 has address: r2i4n0
Node 3 is running on host: r2i3n4
Node 3 has address: r2i3n4
```

#### 各ノードでの実行確認の例

以下はaluminum\_extrusion\_fsi.mphをGUIで実行した例となります。Node0のr4i7n3でmpexec.hydra が実行され、comsolclusterが全ノードで実行されていることが確認できます。topコマンド等でも確認は可能です。

アサインされた全ノードで `echo $HOSTNAME; date; ps aux | grep comsollauncher` コマンドを実行した結果

```
r4i7n3
Tue Jul 17 14:43:38 JST 2018
GSICUSER 20394 0.0 0.0 17788 3136 pts/0 S+ 14:30 0:00 /apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/ext/mpi/glnxa64/bin64/mpexec.hydra
-hosts r4i7n3 r6i3n5 r2i4n0 r2i3n4 -bootstrap ssh -print-rank-map -env LD_PRELOAD /apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/java/glnxa64/jre/
lib/amd64/libjsig.so:/apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/ext/mpi/glnxa64/lib64/libmpi.so -n 4 -envall /apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/
comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsollauncher --launcher.ini /apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini
GSICUSER 20402 1680 1.5 16195576 4127184 pts/0 Sl 14:30 213:41 /apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsollauncher --
launcher.ini /apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini

r6i3n5
Tue Jul 17 14:43:38 JST 2018
GSICUSER 15069 1744 1.3 11840084 3600304 ? Sl 14:30 221:39 /apps/t3/sles12sp2/isp/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsollauncher --
```

```
launcher.ini /apps/t3/sles12sp2/ismv/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini

r2i4n0
Tue Jul 17 14:43:38 JST 2018
GSICUSER 10435 1743 1.5 11868540 4152340 ? S1 14:30 221:35 /apps/t3/sles12sp2/ismv/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini --
launcher.ini /apps/t3/sles12sp2/ismv/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini

r2i3n4
Tue Jul 17 14:43:38 JST 2018
GSICUSER 22310 1742 1.5 12019600 3981912 ? S1 14:30 221:27 /apps/t3/sles12sp2/ismv/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini --
launcher.ini /apps/t3/sles12sp2/ismv/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini
```

## 2.1.2. バッチジョブスケジューラーUGEによる実行

qsubコマンドによるバッチ投入が可能です。

```
$ qsub -g [TSUBAMEグループ] スクリプト名
```

以下のtest.shスクリプトをGSICGROUPに入っているユーザが投入する場合は以下のような例となります。  
実際の投入は自分が所属しているグループを指定してください。

```
$ qsub -g GSICGROUP test.sh
```

スクリプト例(test.sh)

オプションの詳細については[TSUBAME3.0利用の手引き](#)のジョブスクリプトをご確認ください。

```
#!/bin/bash
#$ -cwd
#$ -N COMSOL_test_job
#$ -e uge.err
#$ -o uge.out
#$ -l f_node=2
#$ -l h_rt=0:10:00
#$ -V

. /etc/profile.d/modules.sh
module load comsol/53a_u3

export COMSOL_TMPDIR=$TMPDIR

comsol batch -mpibootstrap ssh -mpihosts `awk '{ print $1 }' $PE_HOSTFILE | xargs | sed -e 's/ /,/g'` -nn `cat $PE_HOSTFILE | wc -l` -inputfile
inputfile.mph -outputfile outputfile.mph
```

インプットにサンプリファイルmicromixer\_cluster\_noc.mphを利用した場合のログ(uge.out)

r6i4n4とr2i0n1の2ノードで450秒で計算が完了している。

```
(r6i4n4:0)
(r2i0n1:1)
Node 0 is running on host: r6i4n4
Node 0 has address: r6i4n4
Node 1 is running on host: r2i0n1
Node 1 has address: r2i0n1
*****
***COMSOL 5.3.1.275 progress output file***
*****
Tue Jul 17 15:54:13 JST 2018
COMSOL Multiphysics 5.3a (Build: 275) starting in batch mode
Opening file: /gs/hs1/tga-hpe_group00/apptest/ismv/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini --
launcher.ini /apps/t3/sles12sp2/ismv/comsol/comsol53a_u3/multiphysics/bin/glnxa64/comsolcluster.ini
Open time: 6 s.
Running: Study 1
Settings for Cluster Computing 2 are ignored in distributed mode.
<---- Compile Equations: Stationary in Study 1/Solution 1 (sol1) -----
Started at 17-Jul-2018 15:54:20.
Geometry shape order: Linear
Running in distributed mode using 2 nodes.
Running on 2 x Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2680 v4 at 2.40 GHz.
Using 2 sockets with 28 cores in total on r6i4n4.
Available memory: 257.59 GB.
Current Progress: 0 % - Free Tetrahedral 1
Memory: 1016/1016 10688/10688
Number of vertex elements: 188
Current Progress: 1 % - Adjusting boundary mesh
Memory: 1046/1046 10695/10695
Number of edge elements: 1974
Number of boundary elements: 13134
Current Progress: 1 % - Creating initial tetrahedra
Memory: 1047/1047 10696/10696
Current Progress: 1 % - Respecting boundaries
Memory: 1049/1049 10697/10697
Current Progress: 1 % - Inserting interior points
Memory: 1054/1054 10707/10707
Current Progress: 1 % - Improving element quality
```

[illegible]



```
Memory: 10821/13571 20092/23564  
- Current Progress: 14 % - Matrix factorization  
Memory: 10586/13571 19857/23564  
- Current Progress: 14 % - Solving linear system  
- Current Progress: 14 % - Assembling matrices  
Memory: 11007/13571 21688/23564  
- Current Progress: 14 % - Constraint handling  
Memory: 10592/13571 19864/23564  
- Current Progress: 14 % - Solving linear system  


|   |       |         |           |      |   |   |   |         |         |
|---|-------|---------|-----------|------|---|---|---|---------|---------|
| 3 | 0.051 | 8.7e+06 | 1.0000000 | 0.62 | 4 | 3 | 6 | 4.4e-13 | 2.7e-14 |
|---|-------|---------|-----------|------|---|---|---|---------|---------|

  
-----  
Current Progress: 44 % - Solving linear system  
Memory: 10608/13571 19887/23564  
-----  
Current Progress: 44 % - Assembling sparsity pattern  
Memory: 9920/13571 19199/23564  
-----  
Current Progress: 44 % - Assembling matrices  
Memory: 11273/13571 22085/23564  
-----  
Current Progress: 44 % -  
Memory: 10718/13843 20048/23813  
-----  
Current Progress: 44 % - Constraint handling  
Memory: 10706/13843 19978/23813  
-----  
Current Progress: 44 % - Matrix factorization  
Memory: 10596/13843 19868/23813  
-----  
Current Progress: 44 % - Solving linear system  
-----  
Current Progress: 44 % - Assembling matrices  
Memory: 10786/13843 21683/23813  
-----  
Current Progress: 44 % - Constraint handling  
Memory: 10603/13843 19875/23813  
-----  
Current Progress: 44 % - Solving linear system  


|   |        |       |           |       |   |   |   |         |       |
|---|--------|-------|-----------|-------|---|---|---|---------|-------|
| 4 | 0.0026 | 2e+05 | 1.0000000 | 0.043 | 5 | 4 | 8 | 7.7e-13 | 2e-14 |
|---|--------|-------|-----------|-------|---|---|---|---------|-------|

  
-----  
Current Progress: 48 % - Solving linear system  
Memory: 10618/13843 19895/23813  
-----  
Current Progress: 48 % - Assembling sparsity pattern  
Memory: 10058/13843 19335/23813  
-----  
Current Progress: 48 % - Assembling matrices  
Memory: 10995/13843 20521/23813  
-----  
Current Progress: 48 % -  
Memory: 11004/14198 20278/24309  
-----  
Current Progress: 48 % - Constraint handling  
Memory: 10681/14198 19955/24309  
-----  
Current Progress: 48 % - Matrix factorization  
Memory: 10598/14198 19873/24309  
-----  
Current Progress: 48 % - Solving linear system  
Memory: 10599/14198 19873/24309  
-----  
Current Progress: 48 % - Assembling matrices  
Memory: 11004/14198 21702/24309  
-----  
Current Progress: 48 % - Constraint handling  
Memory: 10604/14198 19884/24309  
-----  
Current Progress: 48 % - Solving linear system  


|   |         |         |           |        |   |   |    |         |         |
|---|---------|---------|-----------|--------|---|---|----|---------|---------|
| 5 | 2.6e-06 | 1.9e+02 | 1.0000000 | 0.0036 | 6 | 5 | 10 | 3.4e-13 | 9.7e-15 |
|---|---------|---------|-----------|--------|---|---|----|---------|---------|

  
-----  
Current Progress: 50 % - Solving linear system  
Memory: 10620/14198 19900/24309  
<<<< Node 1 <<<<  
Nonlinear solver  
Number of degrees of freedom solved for: 747194 (plus 1 internal DOFs).  
Nonsymmetric matrix found.  
Scales for dependent variables:  
Pressure (compl.p): 0.074  
Velocity field (compl.u): 0.01  
Orthonormal null-space function used.
```

```

----- Current Progress: 55 % - Assembling matrices
Memory: 3524/14198 11688/24309
----- Current Progress: 55 % -
Memory: 3466/14198 11452/24309
Nonsymmetric matrix found.
Scales for dependent variables:
Concentration (compl.c): 27
Orthonormal null-space function used.
----- Current Progress: 55 % - Constraint handling
Memory: 3493/14198 11481/24309
----- Current Progress: 55 % - Matrix factorization
Memory: 3430/14198 11418/24309
Iter      SolEst      ResEst      Damping      Stepsize #Res #Jac #Sol      LinErr      LinRes
----- Current Progress: 55 % - Solving linear system
Memory: 4204/14198 12341/24309
----- Current Progress: 55 % - Assembling matrices
Memory: 4257/14198 12430/24309
----- Current Progress: 55 % - Solving linear system
Memory: 4235/14198 12366/24309
1          0.66          2.2e+15      0.01000000      0.67  2    1    2    6.5e-13  3.5e-15
----- Current Progress: 59 % - Assembling matrices
Memory: 4241/14198 12366/24309
----- Current Progress: 59 % -
----- Current Progress: 59 % - Assembling sparsity pattern
Memory: 4248/14198 12373/24309
----- Current Progress: 59 % - Assembling matrices
Memory: 4649/14198 13618/24309
----- Current Progress: 59 % -
Memory: 4326/14198 12451/24309
----- Current Progress: 59 % - Constraint handling
Memory: 4382/14198 12507/24309
----- Current Progress: 59 % - Matrix factorization
Memory: 4279/14198 12404/24309
----- Current Progress: 59 % - Solving linear system
Memory: 4310/14198 12436/24309
----- Current Progress: 59 % - Assembling matrices
Memory: 4393/14198 14164/24309
----- Current Progress: 59 % - Solving linear system
Memory: 4312/14198 12436/24309
2          0.63          2e+04        0.10000000      0.7   3    2    4    4.6e-13  3.7e-15
----- Current Progress: 64 % -
----- Current Progress: 64 % - Assembling sparsity pattern
Memory: 4313/14198 12436/24309
----- Current Progress: 64 % - Assembling matrices
Memory: 4498/14198 13422/24309
----- Current Progress: 64 % -
Memory: 4360/14198 12483/24309
----- Current Progress: 64 % - Constraint handling
Memory: 4423/14198 12546/24309
----- Current Progress: 64 % - Matrix factorization
Memory: 4281/14198 12404/24309
----- Current Progress: 64 % - Solving linear system
Memory: 4312/14198 12436/24309
----- Current Progress: 64 % - Assembling matrices
Memory: 4367/14198 14164/24309
----- Current Progress: 64 % - Constraint handling
Memory: 4313/14198 12436/24309
----- Current Progress: 64 % - Solving linear system
3          0.054         7.4e+04      1.00000000      36   4    3    6    4.6e-13  2.9e-15
----- Current Progress: 90 % -
Memory: 4314/14198 12436/24309
----- Current Progress: 90 % - Assembling sparsity pattern
----- Current Progress: 90 % - Assembling matrices
Memory: 4604/14198 13446/24309
----- Current Progress: 90 % -
Memory: 4301/14198 12422/24309
----- Current Progress: 90 % - Constraint handling
Memory: 4398/14198 12520/24309
----- Current Progress: 90 % - Matrix factorization
Memory: 4282/14198 12404/24309
----- Current Progress: 90 % - Solving linear system
Memory: 4314/14198 12436/24309
----- Current Progress: 90 % - Assembling matrices
Memory: 4446/14198 14164/24309
----- Current Progress: 90 % - Constraint handling
Memory: 4315/14198 12436/24309
----- Current Progress: 90 % - Solving linear system
4          0.041         3.6e+04      1.00000000      0.073 5    4    8    4.4e-13  4.3e-15
----- Current Progress: 81 % -
----- Current Progress: 81 % - Assembling matrices
Memory: 4503/14198 13182/24309
----- Current Progress: 81 % -
Memory: 4368/14198 12489/24309
----- Current Progress: 81 % - Constraint handling
Memory: 4431/14198 12552/24309
----- Current Progress: 81 % - Matrix factorization
Memory: 4283/14198 12404/24309
----- Current Progress: 81 % - Solving linear system
Memory: 4315/14198 12436/24309
----- Current Progress: 81 % - Assembling matrices
Memory: 4389/14198 14164/24309
----- Current Progress: 81 % - Solving linear system
Memory: 4316/14198 12436/24309
5          0.024         2e+04        1.00000000      0.05  6    5   10    4.4e-13  4.3e-15

```

```

----- Current Progress: 87 % -
Memory: 4317/14198 12436/24309
----- Current Progress: 87 % - Assembling sparsity pattern
Memory: 4330/14198 12500/24309
----- Current Progress: 87 % - Assembling matrices
Memory: 4795/14198 13933/24309
----- Current Progress: 87 % -
Memory: 4367/14198 12487/24309
----- Current Progress: 87 % - Constraint handling
Memory: 4431/14198 12550/24309
----- Current Progress: 87 % - Matrix factorization
Memory: 4285/14198 12404/24309
----- Current Progress: 87 % - Solving linear system
Memory: 4317/14198 12436/24309
----- Current Progress: 87 % - Assembling matrices
Memory: 4448/14198 14172/24309
----- Current Progress: 87 % - Constraint handling
Memory: 4323/14198 12444/24309
----- Current Progress: 87 % - Solving linear system
6      0.013      1.2e+04      1.0000000      0.027      7      6      12      5.4e-13      3.5e-15
----- Current Progress: 91 % -
Memory: 4324/14198 12444/24309
----- Current Progress: 91 % - Assembling sparsity pattern
----- Current Progress: 91 % - Assembling matrices
Memory: 4550/14198 13391/24309
----- Current Progress: 91 % -
Memory: 4343/14198 12463/24309
----- Current Progress: 91 % - Constraint handling
Memory: 4406/14198 12525/24309
----- Current Progress: 91 % - Matrix factorization
Memory: 4292/14198 12412/24309
----- Current Progress: 91 % - Solving linear system
Memory: 4324/14198 12444/24309
----- Current Progress: 91 % - Assembling matrices
Memory: 4399/14198 14172/24309
----- Current Progress: 91 % - Constraint handling
Memory: 4325/14198 12444/24309
----- Current Progress: 91 % - Solving linear system
7      0.0061      8.2e+03      1.0000000      0.014      8      7      14      6.1e-13      2.7e-15
----- Current Progress: 94 % -
----- Current Progress: 94 % - Assembling matrices
Memory: 4509/14198 13262/24309
----- Current Progress: 94 % -
Memory: 4368/14198 12488/24309
----- Current Progress: 94 % - Constraint handling
Memory: 4431/14198 12550/24309
----- Current Progress: 94 % - Matrix factorization
Memory: 4324/14198 12443/24309
----- Current Progress: 94 % - Solving linear system
Memory: 4356/14198 12475/24309
----- Current Progress: 94 % - Assembling matrices
Memory: 4433/14198 14203/24309
----- Current Progress: 94 % - Solving linear system
Memory: 4356/14198 12475/24309
8      0.0033      5.6e+03      1.0000000      0.0063      9      8      16      5.3e-13      2.2e-15
----- Current Progress: 95 % -
----- Current Progress: 95 % - Assembling matrices
Memory: 4528/14198 14130/24309
----- Current Progress: 95 % -
Memory: 4342/14198 12461/24309
----- Current Progress: 95 % - Constraint handling
Memory: 4405/14198 12524/24309
----- Current Progress: 95 % - Matrix factorization
Memory: 4293/14198 12412/24309
----- Current Progress: 95 % - Solving linear system
Memory: 4325/14198 12444/24309
----- Current Progress: 95 % - Assembling matrices
Memory: 4491/14198 14172/24309
----- Current Progress: 95 % - Constraint handling
Memory: 4325/14198 12444/24309
----- Current Progress: 95 % - Solving linear system
9      0.0021      3.9e+03      1.0000000      0.0033      10      9      18      6.2e-13      2.2e-15
----- Current Progress: 96 % -
----- Current Progress: 96 % - Assembling matrices
Memory: 4533/14198 14212/24309
----- Current Progress: 96 % -
Memory: 4344/14198 12463/24309
----- Current Progress: 96 % - Constraint handling
Memory: 4407/14198 12525/24309
----- Current Progress: 96 % - Matrix factorization
Memory: 4293/14198 12412/24309
----- Current Progress: 96 % - Solving linear system
Memory: 4325/14198 12444/24309
10     0.0015      2.8e+03      1.0000000      0.0021      11      10      20      5.2e-13      2.1e-15
----- Current Progress: 97 % - Assembling matrices
----- Current Progress: 97 % -
----- Current Progress: 97 % - Assembling matrices
Memory: 4621/14198 14119/24309
----- Current Progress: 97 % -
Memory: 4352/14198 12471/24309
----- Current Progress: 97 % - Constraint handling
Memory: 4415/14198 12534/24309
----- Current Progress: 97 % - Matrix factorization
Memory: 4293/14198 12412/24309

```

[illegible]

### 2.1.3. ライセンス使用状況の確認

ライセンス数や利用状況については下記コマンドで確認してください。

```
$ lmutil lmstat -S LMCOMSOL -c 27009@lice0:27009@remote:27009@t3ldap1
```

#### 2.1.4. 利用可能なモジュール一覧

利用可能なcomsolモジュールの確認には、Options->licensed and Used Productsをご確認下さい。

## Licensed and Used Products in Session @login0



— License number: 5082933 —

Clear a check box to block your use of a product.

Grayed out product is used in the current session.

☐ Keep checked out licenses when creating or opening an application.

- ☒ COMSOL Multiphysics
- ☒ AC/DC Module
- ☒ CFD Module
- ☒ Heat Transfer Module
- ☒ Plasma Module
- ☒ RF Module
- ☒ Structural Mechanics Module
- ☒ Wave Optics Module
- ☒ CAD Import Module

Select All

Deselect All

— Other products —

Acoustics Module	Molecular Flow Module	LiveLink™ for AutoCAD®
Battery Design Module	Multibody Dynamics Module	LiveLink™ for Excel®
Chemical Reaction Engineering Module	Nonlinear Structural Materials Module	LiveLink™ for Inventor®
Composite Materials Module	Optimization Module	LiveLink™ for MATLAB®
Corrosion Module	Particle Tracing Module	LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
Electrochemistry Module	Pipe Flow Module	LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
Electrodeposition Module	Polymer Flow Module	LiveLink™ for Revit®
Fatigue Module	Porous Media Flow Module	LiveLink™ for SOLIDWORKS®
Fuel Cell & Electrolyzer Module	Ray Optics Module	LiveLink™ for Simulink®
Geomechanics Module	Rotordynamics Module	LiveLink™ for Solid Edge®
Liquid & Gas Properties Module	Semiconductor Module	COMSOL Compiler
MEMS Module	Subsurface Flow Module	Material Library
Metal Processing Module	Design Module	
Microfluidics Module	ECAD Import Module	
Mixer Module	File Import for CATIA® V5	

Product Information

Borrow...

OK

Cancel

## 3. COMSOL Desktopの使用方法

 運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。TSUBAME4 のマニュアル類は[こちら](#)

### 3.1. COMSOL Desktopの概要

COMSOL DesktopはCOMSOL Multiphysicsの統合GUI環境です。モデルビルダとアプリケーションビルダの切り替えが随時可能で、使いやすいように工夫されており、モデルビルダは単独 多重複合の物理現象の数学モデルを設定する機能をもった操作ウィンドウです。物理モデリング、シミュレーション、そしてアプリケーション設計一式の統合環境が備わっており、モデル用に使いやすいインターフェースを構築するために必要なツールがあります。デスクトップは、ユーザそれぞれのニーズに合わせてカスタマイズでき、ウィンドウは、サイズ変更、移動、ドッキング、切り離しが可能です。レイアウトを変更すると、セッションの終了時に保存され、次回以降も利用できます。モデルを構築する際には、さらに追加のウィンドウとウィジェットが表示されます。ジョブの投入機能はありますが、ライセンス数が少ないため、サーバデーモンはオミットされています。

### 3.2. TSUBAME3上でのCOMSOL Desktopの起動

下記コマンドでTSUBAME3にログインしてください。

```
$ ssh login.t3.qsic.titech.ac.jp -l USER-ID -i 鍵ファイル -YC
```

#### コマンド実行例

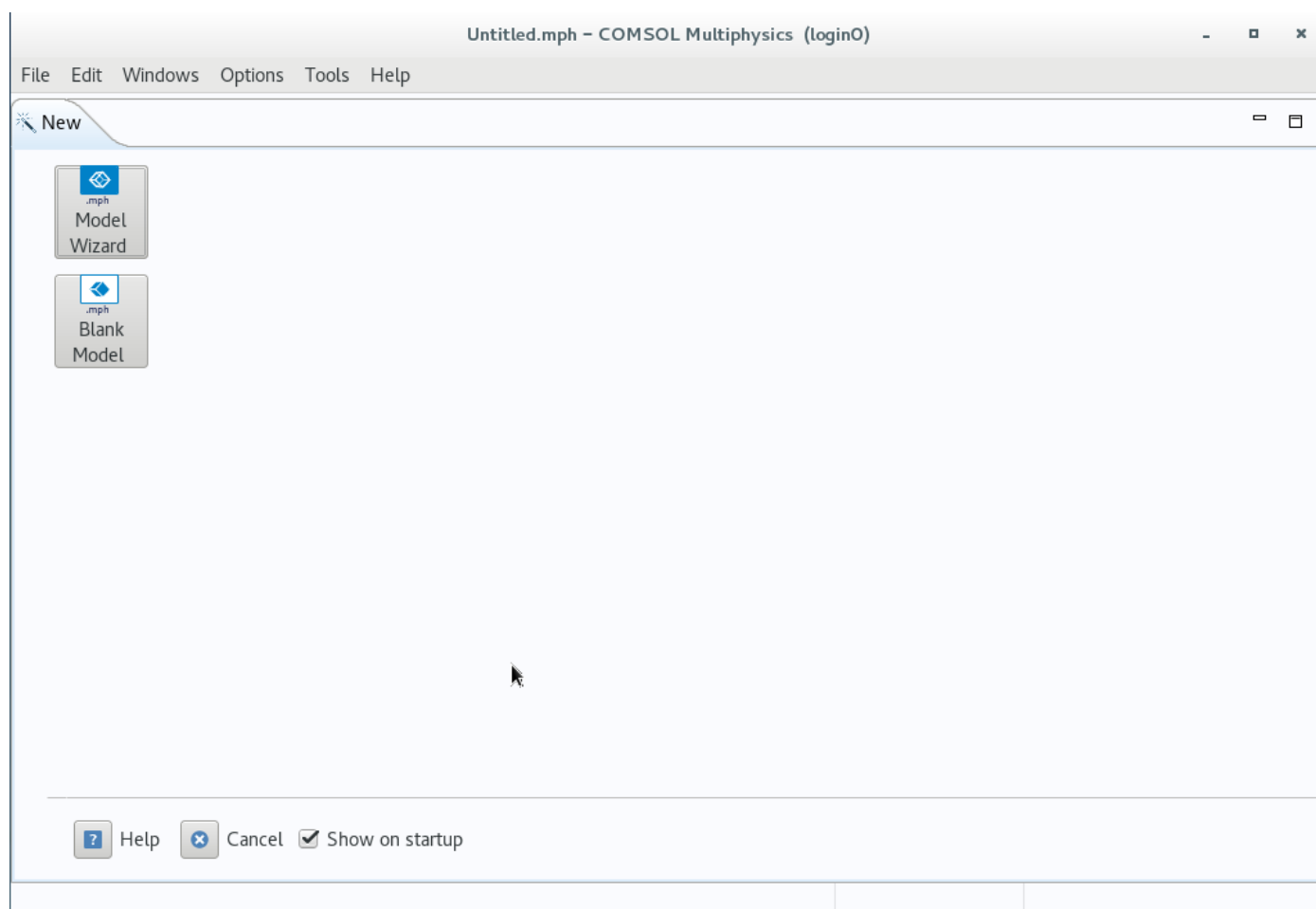
例では2時間接続で、割り当てノードとしてr0i0n0が割り当てられた場合を想定しております。

割り当てノードはコマンド実行時に空いているノードですので、明示的にノードを指定することはできません。

```
#qsshの実行
$ qssh -g [TSUBAMEグループ] -l f_node=1 -l h_rt=2:00:00
Thu Sep 21 08:17:19 JST 2017
r0i0n0:~> . /etc/profile.d/modules.sh
r0i0n0:~> module load <読み込みたいアプリケーション>
r0i0n0:~> <実行したいアプリケーションの実行コマンド>
```

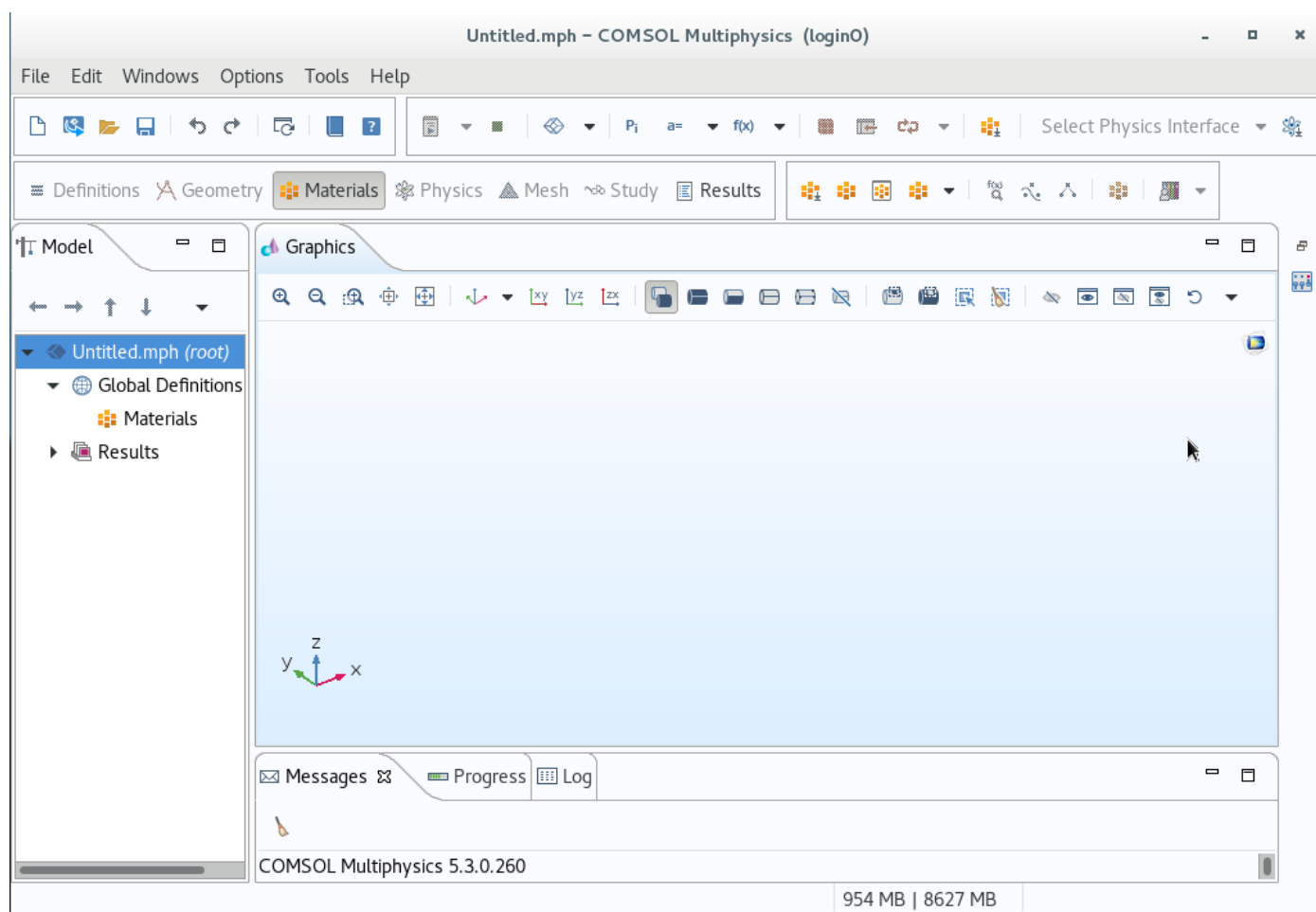
例えば、COMSOL 53を利用する場合は、以下のようにモジュールファイルを読み込み、COMSOL Desktopを起動します。

```
r0i0n0:~> module load comsol/53
r0i0n0:~> comsol
```



comsolスタートアップ画面

上記のスタートアップ画面はShow on Startupのチェックをオフにすることで非表示にすることができます。



COMSOL Desktop画面

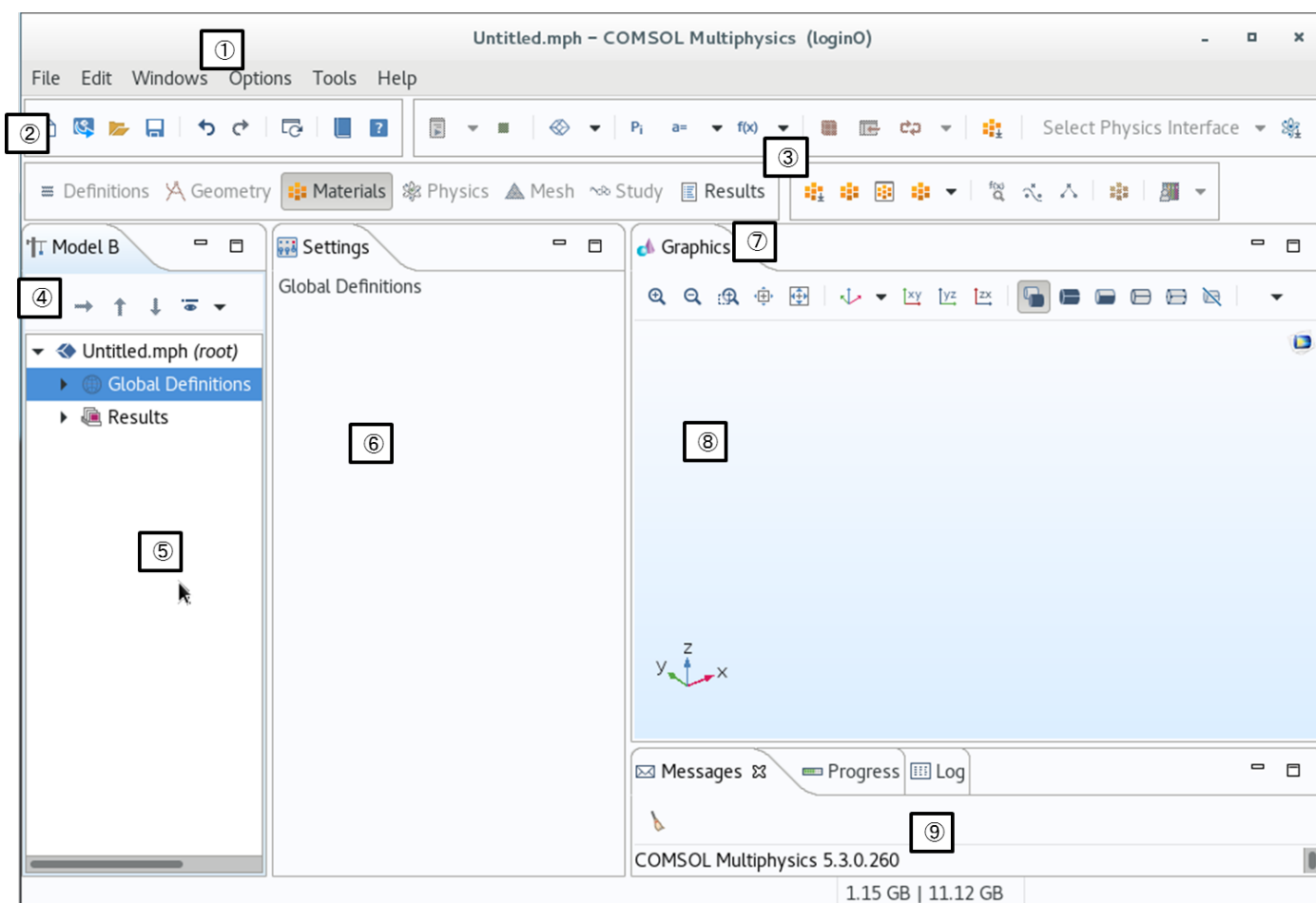
\*利用しているX環境によってはエラーが発生する場合があります。その場合は以下コマンドを実行し、ヘルプを表示させ、環境に合わせたオプションを指定し、実行してください。

```
$ comsol -h
```

### 3.3. COMSOL Desktopの画面説明

COMSOL Desktopは以下のような複数の要素で構成されております。本項目では各項目についての説明を行います。





COMSOL Desktop画面

COMSOL Desktop画面の機能概要

図内番号	名称	概要
1	メインメニュー	詳細機能を提供します。
2	クイックアクセスツールバー	これらのボタンは、ファイルを開く/保存、取り消し/やり直し、コピー/貼り付け、削除などの機能呼び出すときに使用します。
3	ツールバー (Windowsにはリボン)	モデリングプロセスのステップを制御するボタンとドロップダウンリストがあります
4	モデルビルダーツールバー	モデルツリー内で利用するツールを提供します。4 5をあわせてモデルビルダといいます。
5	モデルツリー	モデルツリーにはモデルの概要の他、モデルの構築と求解、結果処理に必要な機能や操作が示されます。
6	設定ウィンドウ	モデルツリーの任意のノードをクリックすると、モデルビルダの横にそのノード関連の設定ウィンドウが表示されます。
7	グラフィックスウィンドウ ウツールバー	グラフィックウィンドウ内で利用するツールを提供します
8	グラフィックスウィンドウ	グラフィックスウィンドウでは、ジオメトリノード、メッシュノード、結果ノードの相互作用的なグラフィックスが表示されます。操作には、回転、パン、ズーム、選択があります。
9	情報ウィンドウ	情報ウィンドウには、求解時間、求解の進捗状況、メッシュ統計、ソルバーログの他、場合によっては、結果テーブルなど、シミュレーション時に不可欠なモデル情報が表示されます。

### 3.3.1. メインメニュー

メインメニューは詳細な機能を提供するためのアクセスポイントです。機能の概要については下記の通りです。

File Edit Windows Options Tools Help

メインメニュー

メインメニューの機能

項目	機能
File	すべてのアプリケーションおよびモデルに関するアクション(COMSOL Desktopの終了も含まれます)
Edit	アプリケーションおよびモデルの変更に関連するアクション。
Window	各種機能ウィンドウのアクセスポイント。レイアウト変更についても含まれます。
Option	ライセンスおよびCOMSOL Desktopの設定
Tools	ツールバーの表示/非表示
Help	ヘルプ、キーボードショートカット、チュートリアルなどへのアクセス。テクニカルサポートへのアクセスが含まれています。



Help を開くにはブラウザが必要となります。計算ノードで Help を参照するためには `comsol` のGUI起動前に `module load firefox` を実行する必要があります。

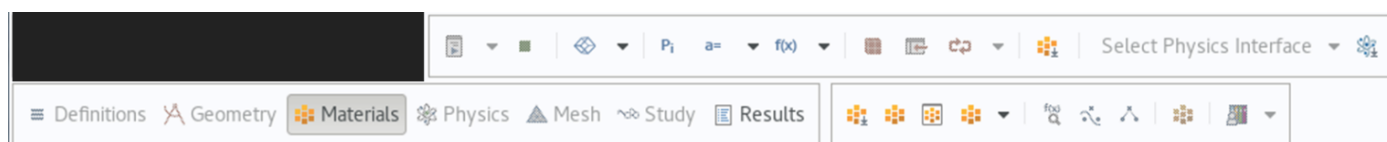
### 3.3.2. クイックアクセスツールバー

ワークスペースはリガンドなどの低分子構造やタンパク質の立体構造などといった中 大規模分子構造を可視化する領域です。



クイックアクセスツールバー

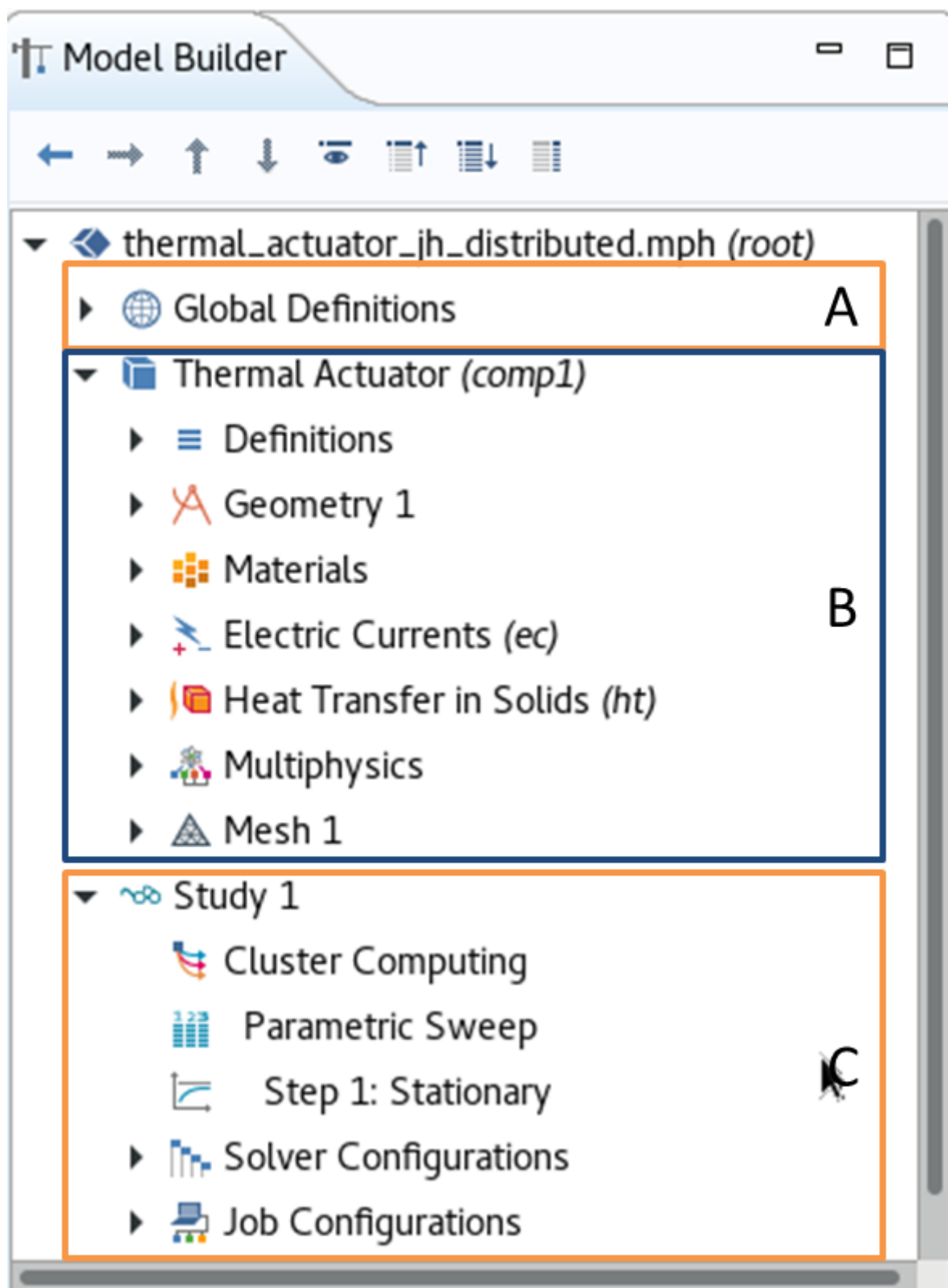
### 3.3.3. ツールバー



ツールバー

モデリングプロセスのステップを制御するボタンとドロップダウンリストを提供します。

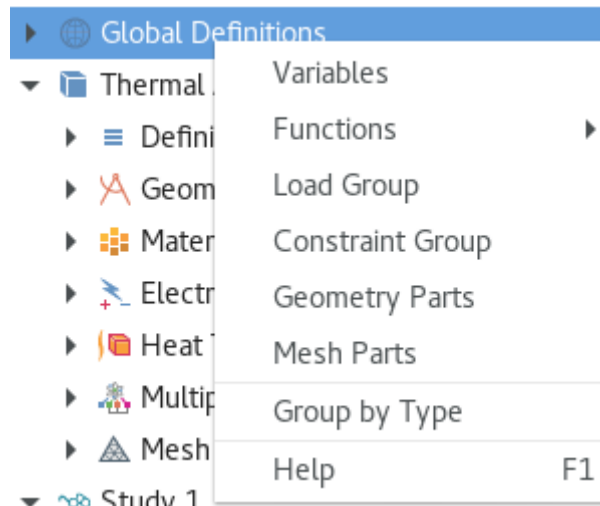
### 3.3.4. モデルビルダ



モデルビルダ

モデルビルダには設定項目が記載されており、右クリックして開くことで詳細な項目がツリー状に展開する コンテキストメニューという ため、あらゆる設定箇所へのアクセスが瞬時に可能になります。ここで、各設定項目、すなわちツリー状構造の各要素をノードといいます。モデルビルダの代表的なノードを以下に示します。

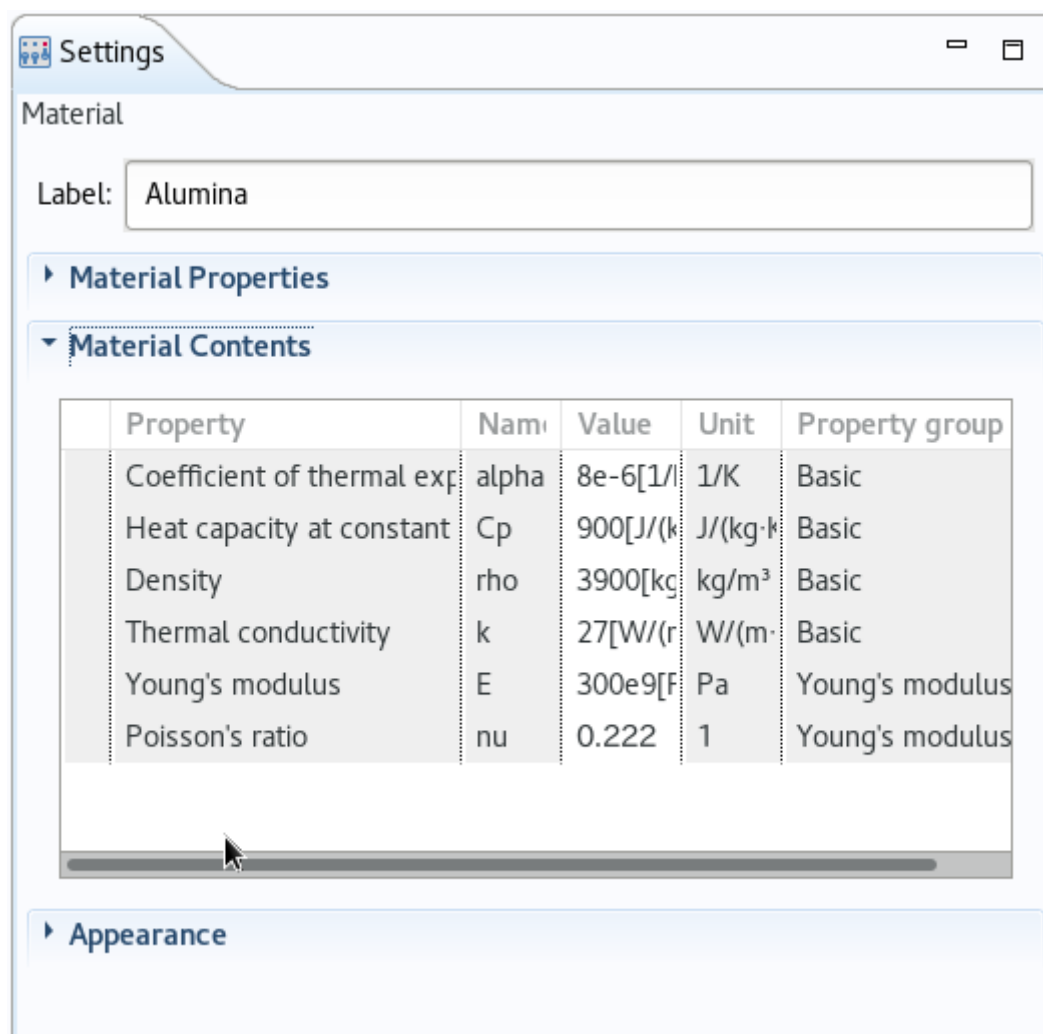
- ・グローバル定義[A] ファイル全体に使われるパラメータや変数を設定します。
- ・コンポーネント[B] モデルビルダの中にある部品という意味合いをもっています。モデルビルダが扱う現象のある側面をとらえるためにジオメトリ、材料、フィジックス、メッシュを含んでいます。
- ・スタディ-[C] モデルビルダの内容をもとに数値解析します。



コンテキストメニュー

例えば、コンテキストメニューを利用して、グローバル定義のパラメータを開く場合、グローバル定義を右クリックしてパラメータを選択することで設定したいパラメータを開くことができます。

### 3.3.5. 設定ウィンドウ



設定ウィンドウ

ジオメトリの寸法、材料のプロパティ、境界条件、初期条件、ソルバでシミュレーションを実行するのに必要なその他情報など、モデルの仕様をすべて入力するためのメインウィンドウです。

以下の図は、ジオメトリノードの設定ウィンドウです。

### 3.3.6. プロットウィンドウ

グラフィックス出力用のウィンドウです。グラフィックスウィンドウ以外に、結果の可視化にはプロットウィンドウも使用します。複数の結果を同時に表示する場合は、複数のプロットウィンドウを使用できます。特別な例としては、モデルの実行中に求解プロセスの収束状況をグラフィカルに表示する収束プロットウィンドウがあります。これは自動的に生成されるプロットウィンドウです。

### 3.3.7. 情報ウィンドウ

これらは、非グラフィックス情報のウィンドウです。情報ウィンドウには、以下の種類があります

- ・メッセージ このウィンドウには、現在のCOMSOL Multiphysicsセッションに関する各種情報が表示されます。
- ・進捗 ソルバからの進捗状況情報。停止ボタンがあります。
- ・ログ 自由度、求解時間、ソルバ反復データなど、ソルバからの情報。
- ・テーブル 結果ノードに定義されたテーブル形式の数値データ。
- ・外部プロセス クラスタージョブ、クラウドジョブ、バッチジョブのコントロールパネルがあります。

### 3.3.8. その他のウィンドウ

- 材料を追加と材料ブラウザー 材料プロパティライブラリ。材料ブラウザーでは、材料プロパティを編集できます。
- 選択リスト 現在選択できるジオメトリオブジェクト、ドメイン、境界、エッジ、ポイントのリスト。
- キャンセルボタンのある進捗バー 現在の計算をキャンセルするボタン付きの進捗バーは、COMSOL Desktopインターフェースの右下隅にあります。
- ダイナミックヘルプ ヘルプウィンドウでは、ウィンドウとモデルツリーノードに関するコンテキスト依存のヘルプテキストを利用できます。  
(たとえばF1を押して)デスクトップでヘルプウィンドウを開いて、ノードやウィンドウをクリックすると、ダイナミックヘルプ(英語のみ)を呼び出すことができます。ヘルプウィンドウからは、メニュー項目など、その他のトピックスも検索できます。

## 3.4. COMSOL Desktopによるモデル作成と計算投入、データ解析

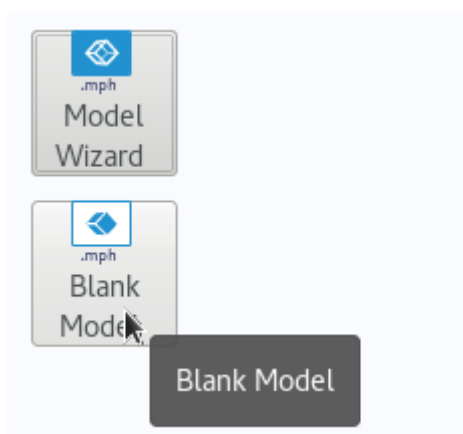
ここでは「はじめてのCOMSOL Multiphysics」の15ページ以降の問題を利用してモデル作成を行います。

モデル作成後にTSUBAME3を用いた解析を実施します。

10cmx1cmx1cmの直方体の1面に圧をかけた際の変形を解析します。

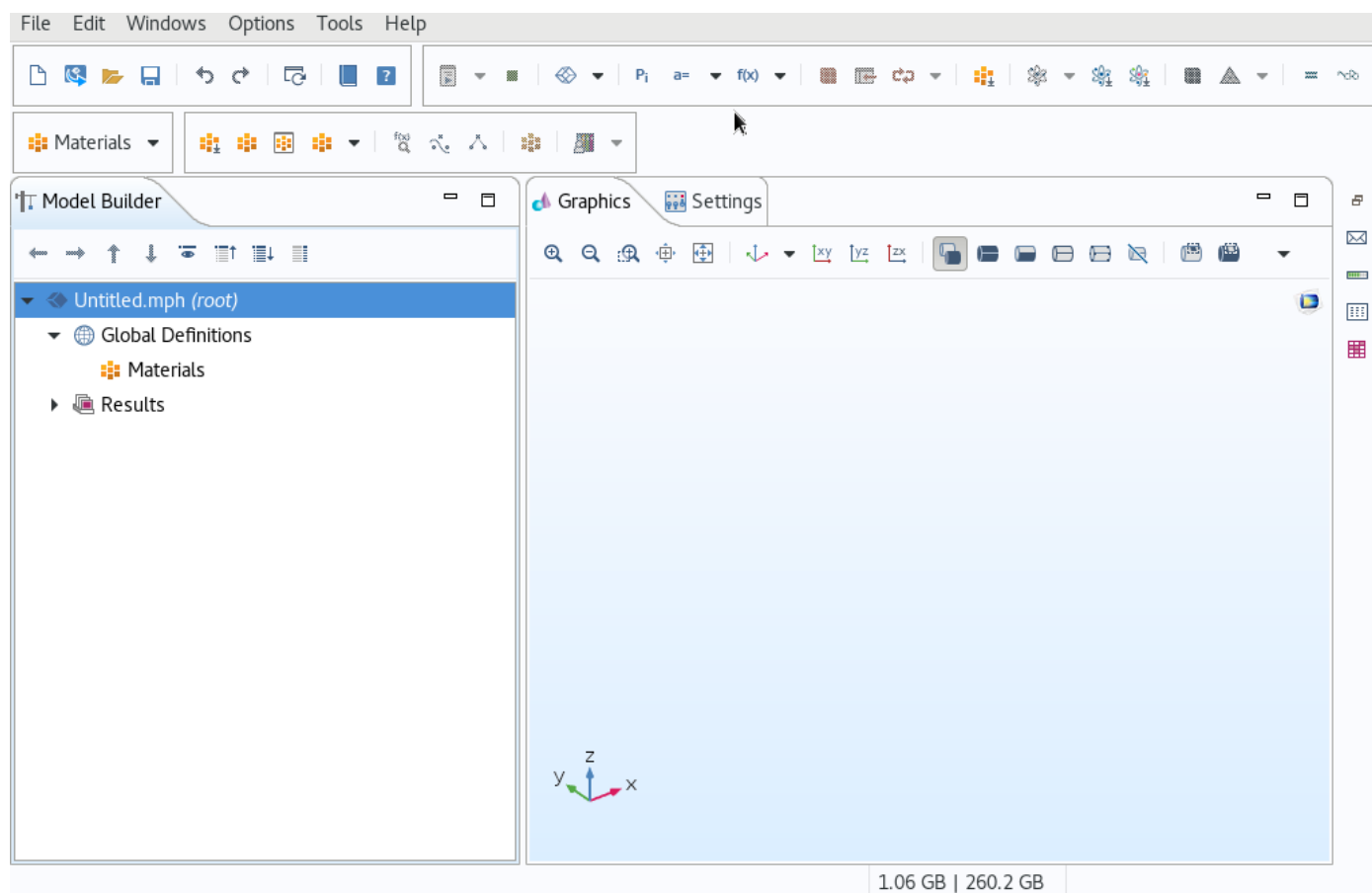
### 3.4.1. 固体力学の設定

COMSOL Desktopを起動してください。



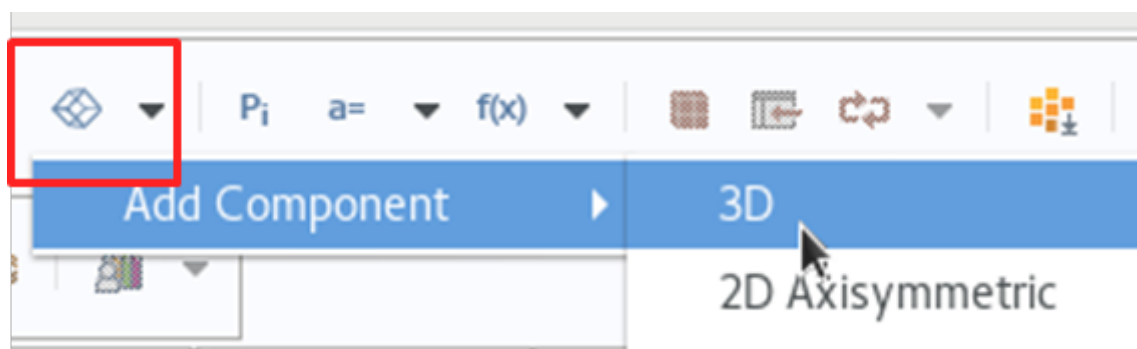
Blank Modelの呼び出し

今回の操作ではBlank Modelを選択してください。 Show on Startupのチェックをオフにしていた場合は次の操作に移ってください。



COMSOL Desktop

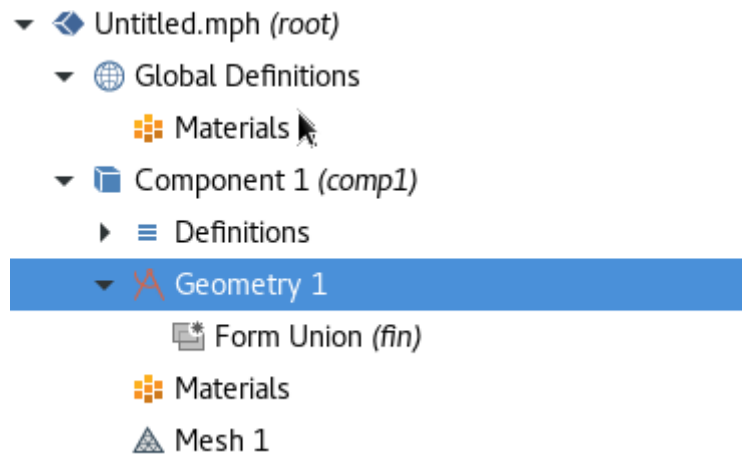
COMSOL Desktopが表示されます。



コンポーネントの追加(メニュー)

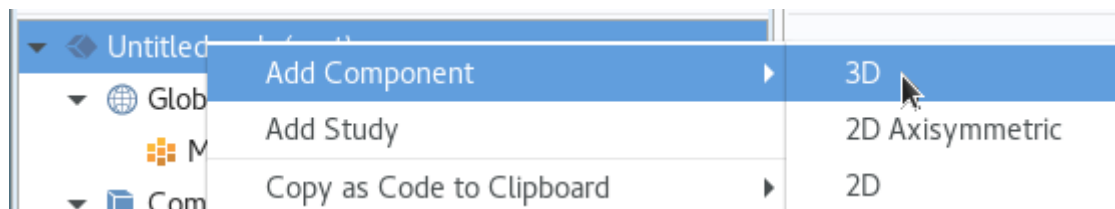
COMSOL Desktopが表示されたらツールバーの上記画面の赤枠をクリックし、Add Component>3Dをクリックしてください。





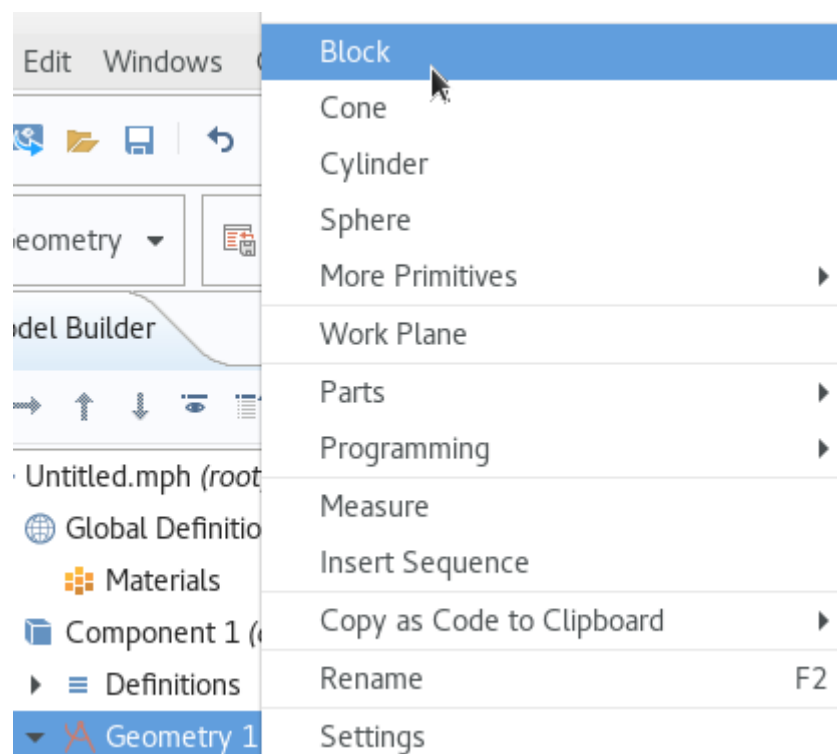
追加されたコンポーネント

コンポーネントが追加されます。



コンポーネントの追加(コンテキストメニュー)

以下は参考ですが、コンテキストメニューで行う場合は、Untitled.mphを右クリックし Add Component>3Dとクリックしてください。



ブロックの追加

ジオメトリを選択して、ブロックを追加します。(メニュー、コンテキストメニューのどちらでも構いません)

Block

Build Selected ▼ Build All Objects

Label: Block 1

▼ Object Type

Type: Solid ▼

▼ Size and Shape

Width: 10 m

Depth: 1 m

Height: 1 m

▼ Position

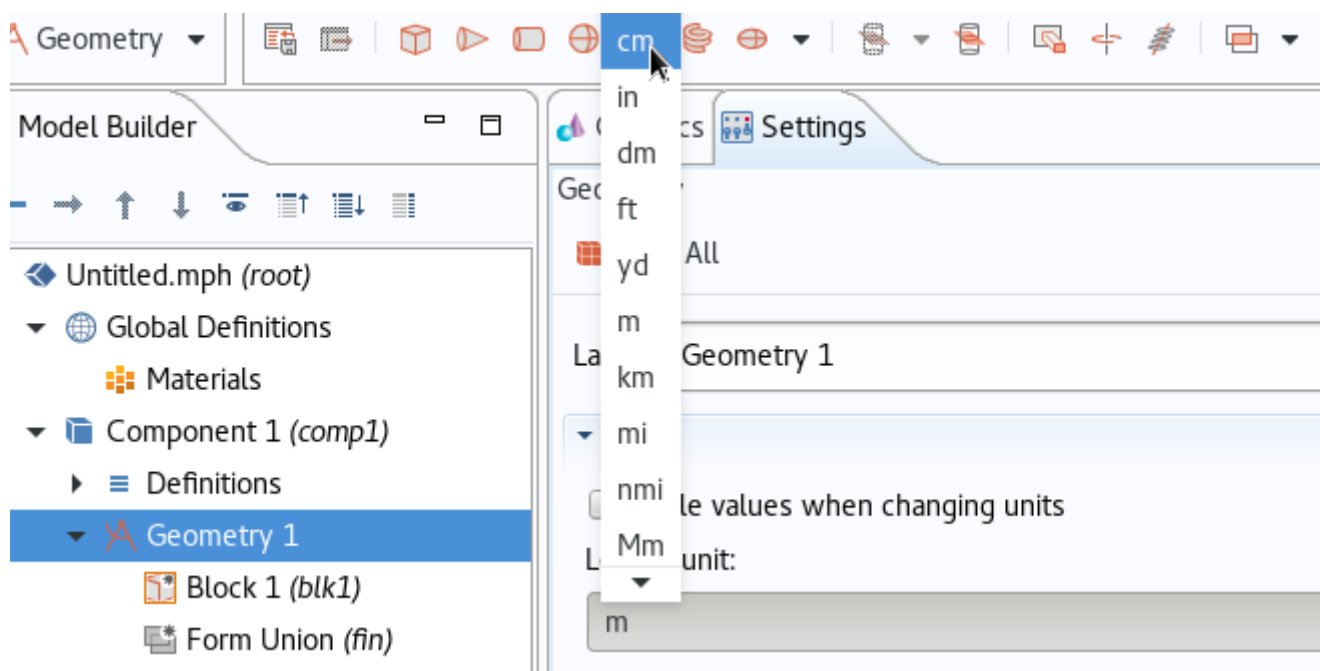
Base: Corner ▼

x: 0 m

y: 0 m

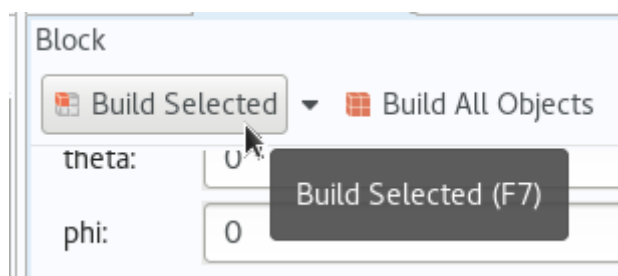
## ブロックの設定

追加されたブロックの設定ウィンドウを開き、10cmx1cmx1cmの直方体とするため、画面の様に設定を行います。画面ではmとなっていますが、次の操作で変更しますので、無視してください。



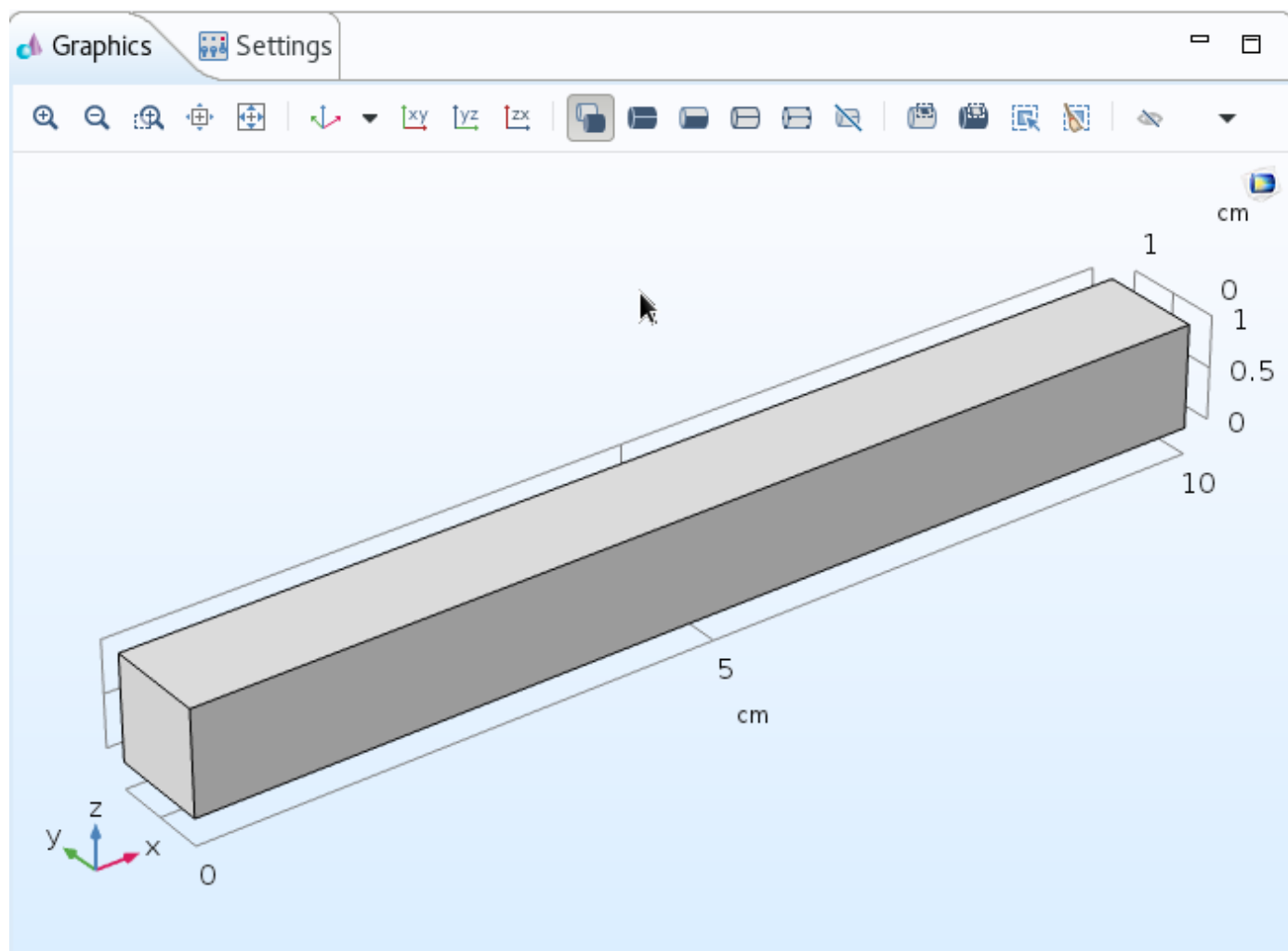
ブロックの設定

ブロックの親ノードのジオメトリを選択し、Length Unitをcmに変更します。



ブロックの設定

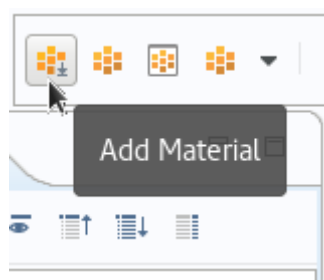
ブロックを選択し、Build Selectedをクリックするとジオメトリが生成されます。



生成されたブロック

### 3.4.2. 材料の設定

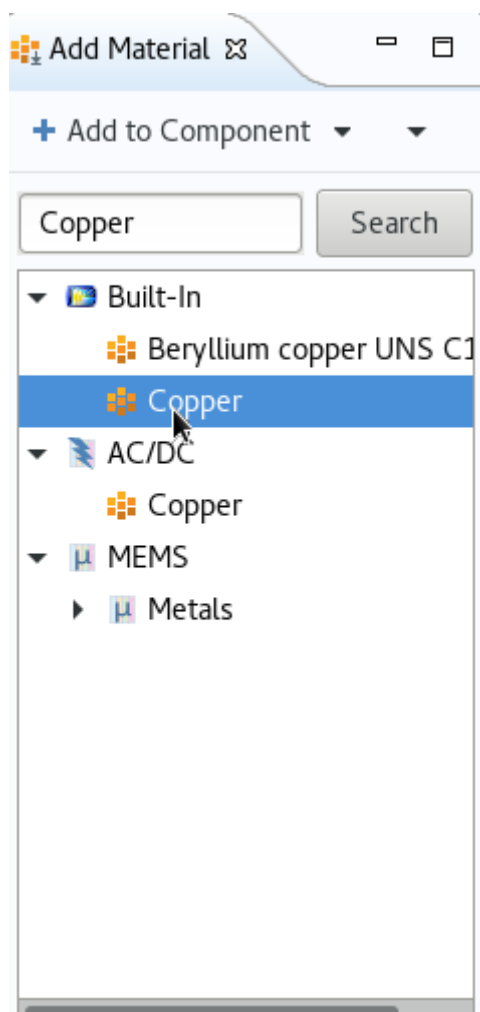
系内ジオメトリの材料を設定します。「はじめてのCOMSOL Multiphysics」と同様に銅を設定します。



マテリアルの読み込み

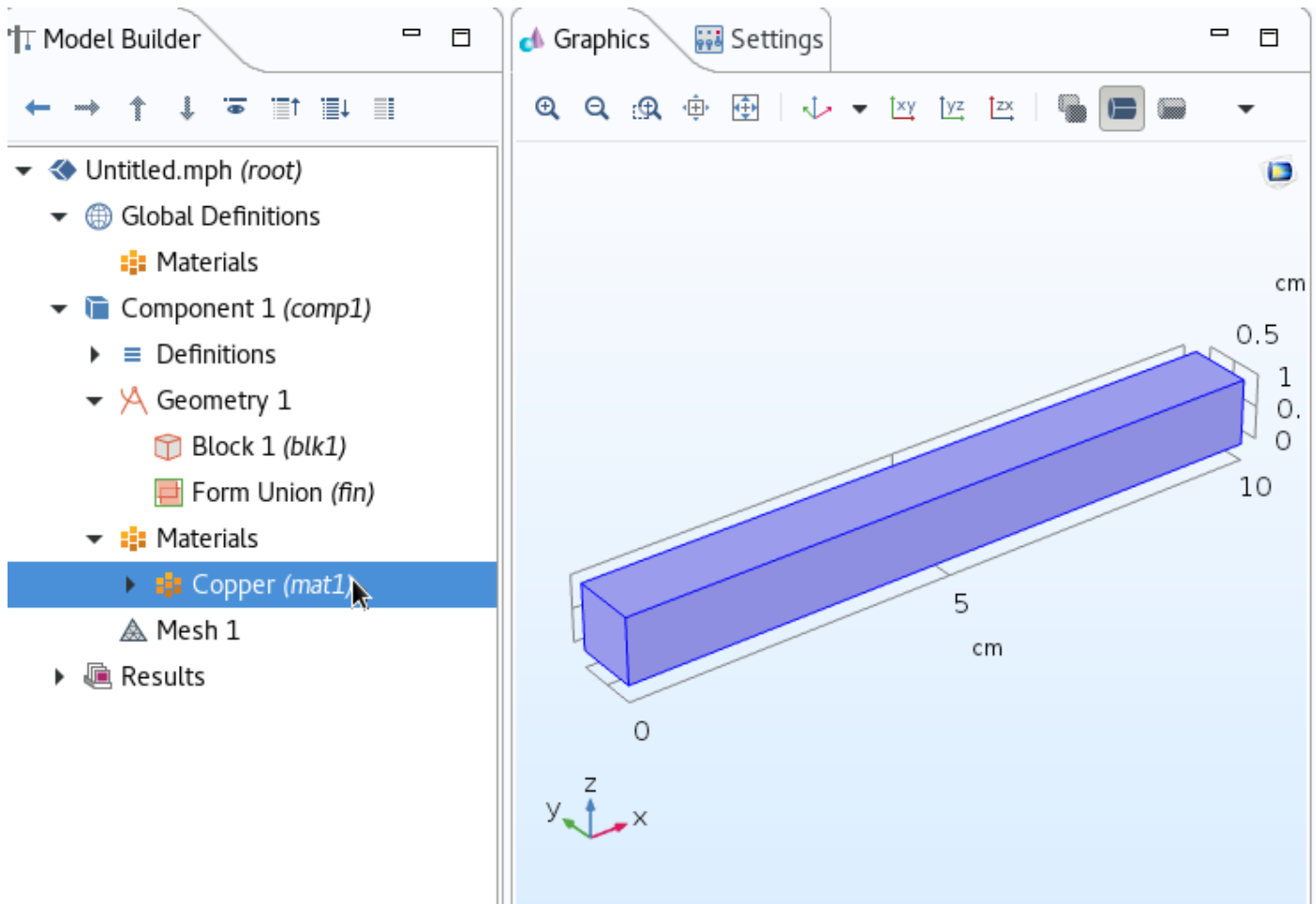
メニューもしくはコンテキストメニューからAdd Materialをクリックします。

メニューの場合は追加したいコンポーネントとなっているか、コンテキストメニューの場合はマテリアルを指定しているかを確認してください。



マテリアル選択画面

マテリアルの選択画面が表示されます。上図では検索窓から銅を検索しております。言語設定にかかわらず、英語表記となります。検索後はAdd to Componentをクリックしてください。

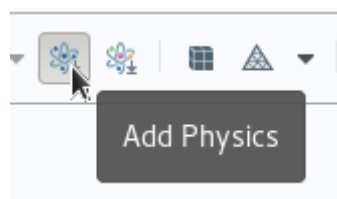


モデルビルダとグラフィックスウィンドウ

マテリアルに銅が追加されグラフィックスウィンドウにも反映されます。

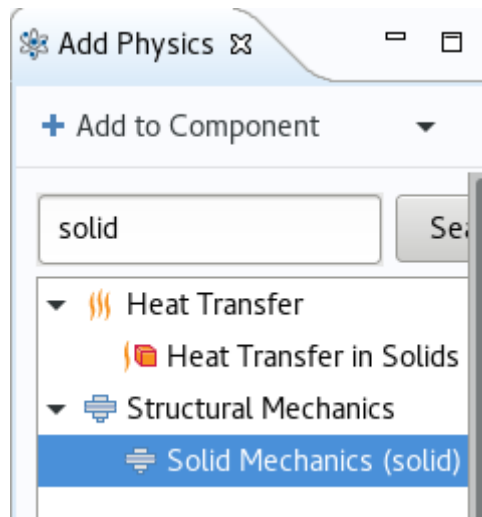
### 3.4.3. 固定拘束の設定

固定面の設定を行います。「はじめでのCOMSOL Multiphysics」と同様に固定面は1cmx1cmの正方形の1面とします。



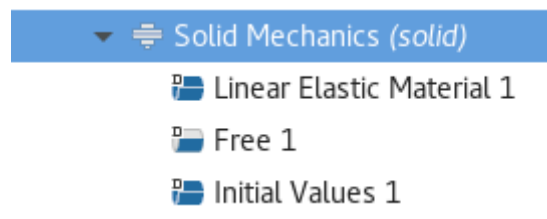
Physicsの選択(メニューから選択)

メニューもしくはコンテキストメニューからAdd Physicsをクリックします。



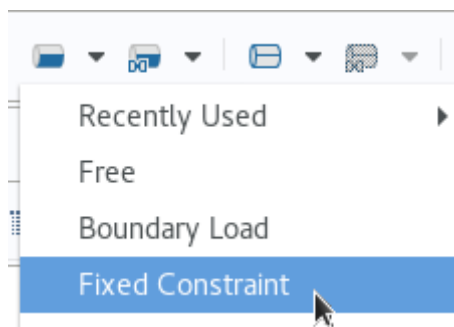
Physics選択画面

Physicsの選択画面が表示されます。上図では検索窓からsolidを検索しております。言語設定にかかわらず、英語表記となります。検索後はAdd to Componentをクリックしてください



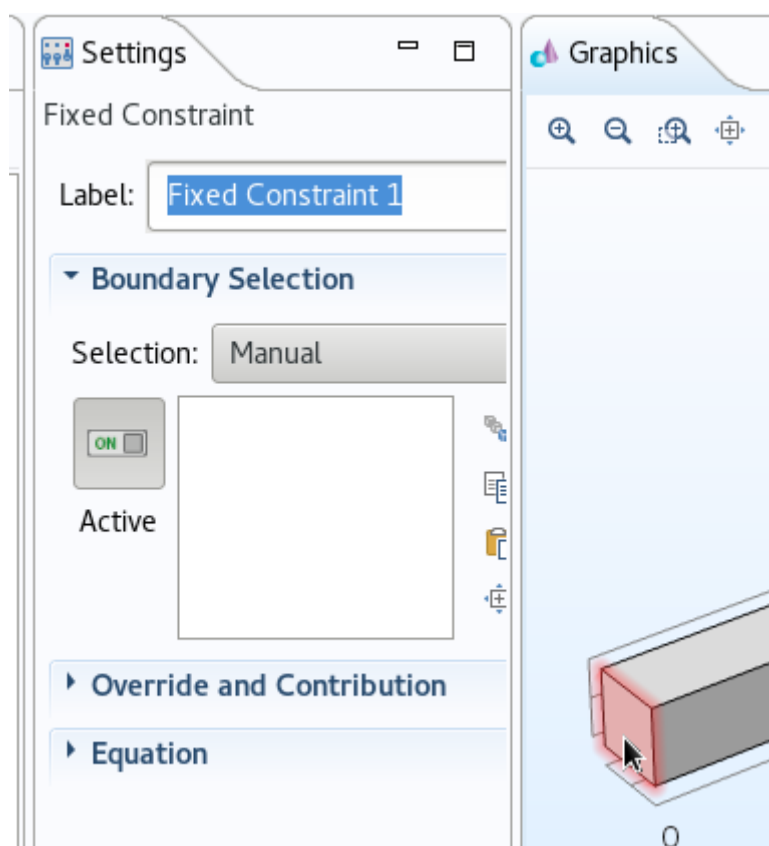
モデルビルダに追加されたPhysics

Physicsが追加されます。



固定拘束の追加

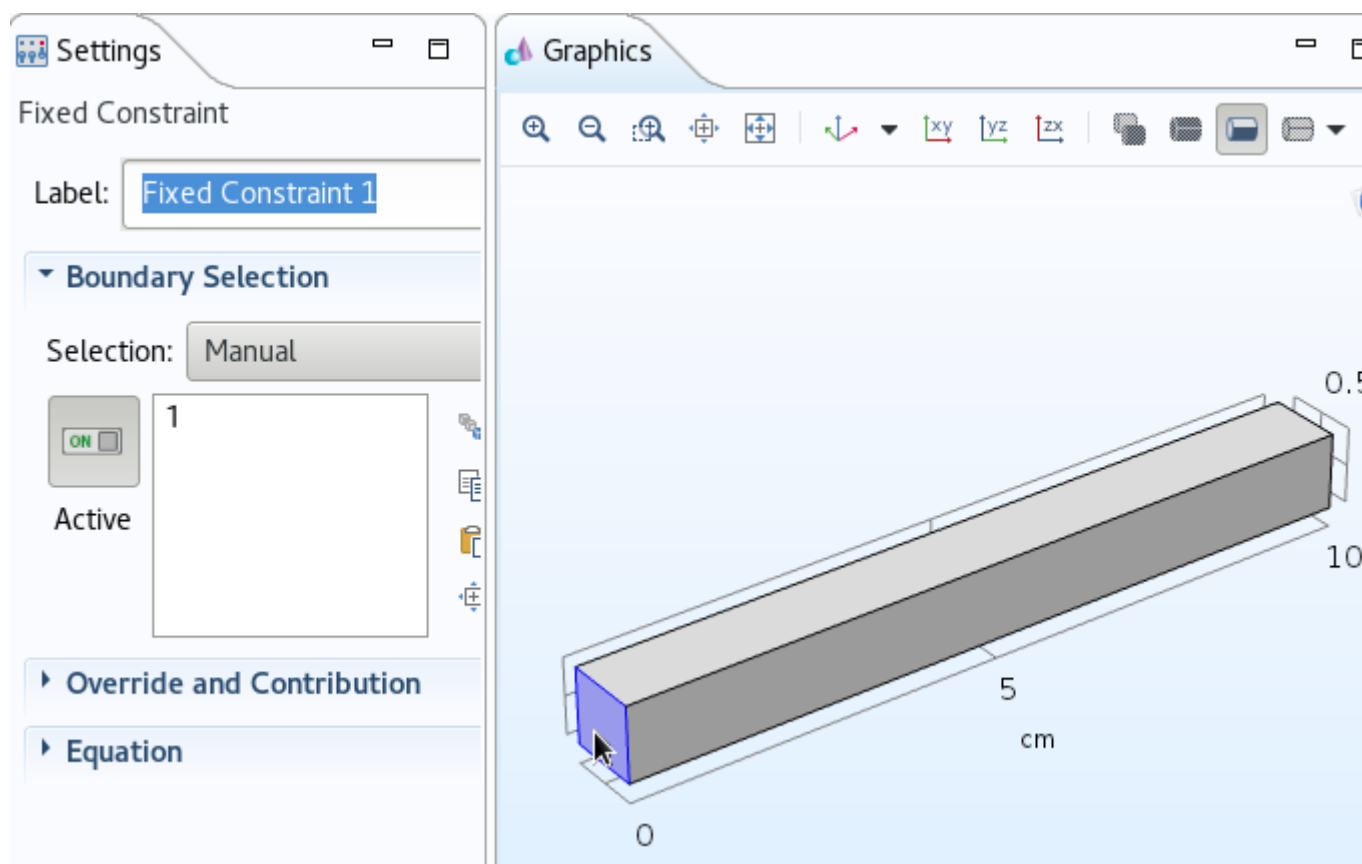
固定拘束を行うため、メニューもしくはコンテキストメニューからFixed Constraintをクリックします。



固定拘束面の指定

モデルビルダに追加されたFixed Constraint 1を選択して、グラフィックスウィンドウ中の拘束したい面をクリックします。上図の赤い箇所が選択面です。



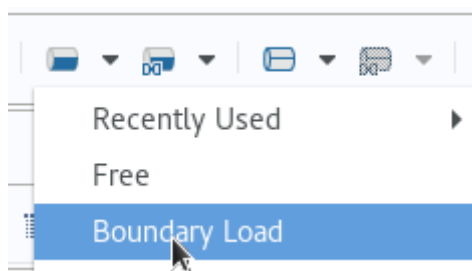


固定拘束面の指定

選択された面は設定ウィンドウに表示され、グラフィックスウィンドウにも青色の表示となります。

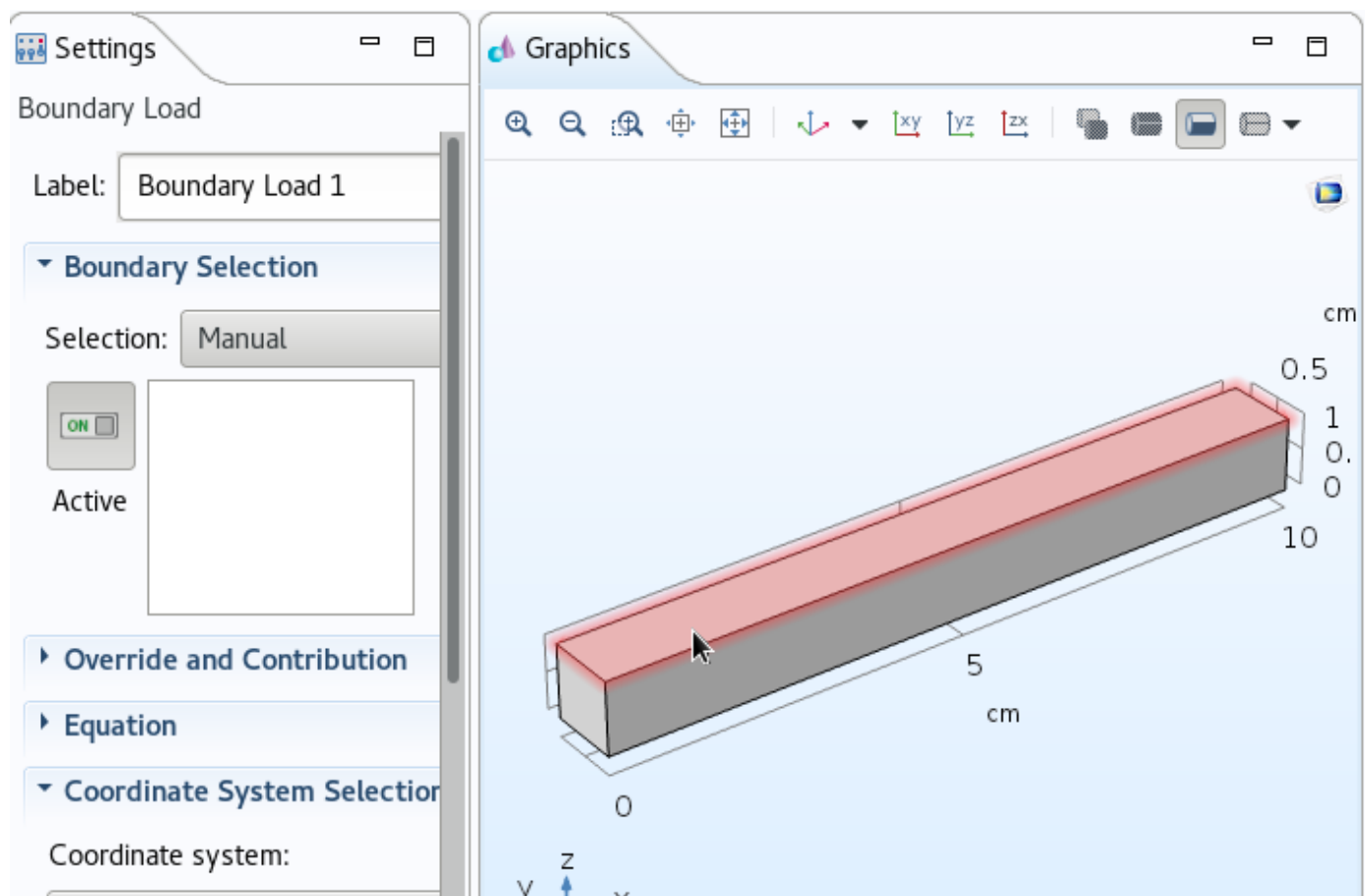
### 3.4.4. 境界荷重の設定

境界荷重の設定を行います。「はじめてのCOMSOL Multiphysics」と同様に境界荷重は10cmx1cmの長方形の1辺にz軸方向に 10000とします。



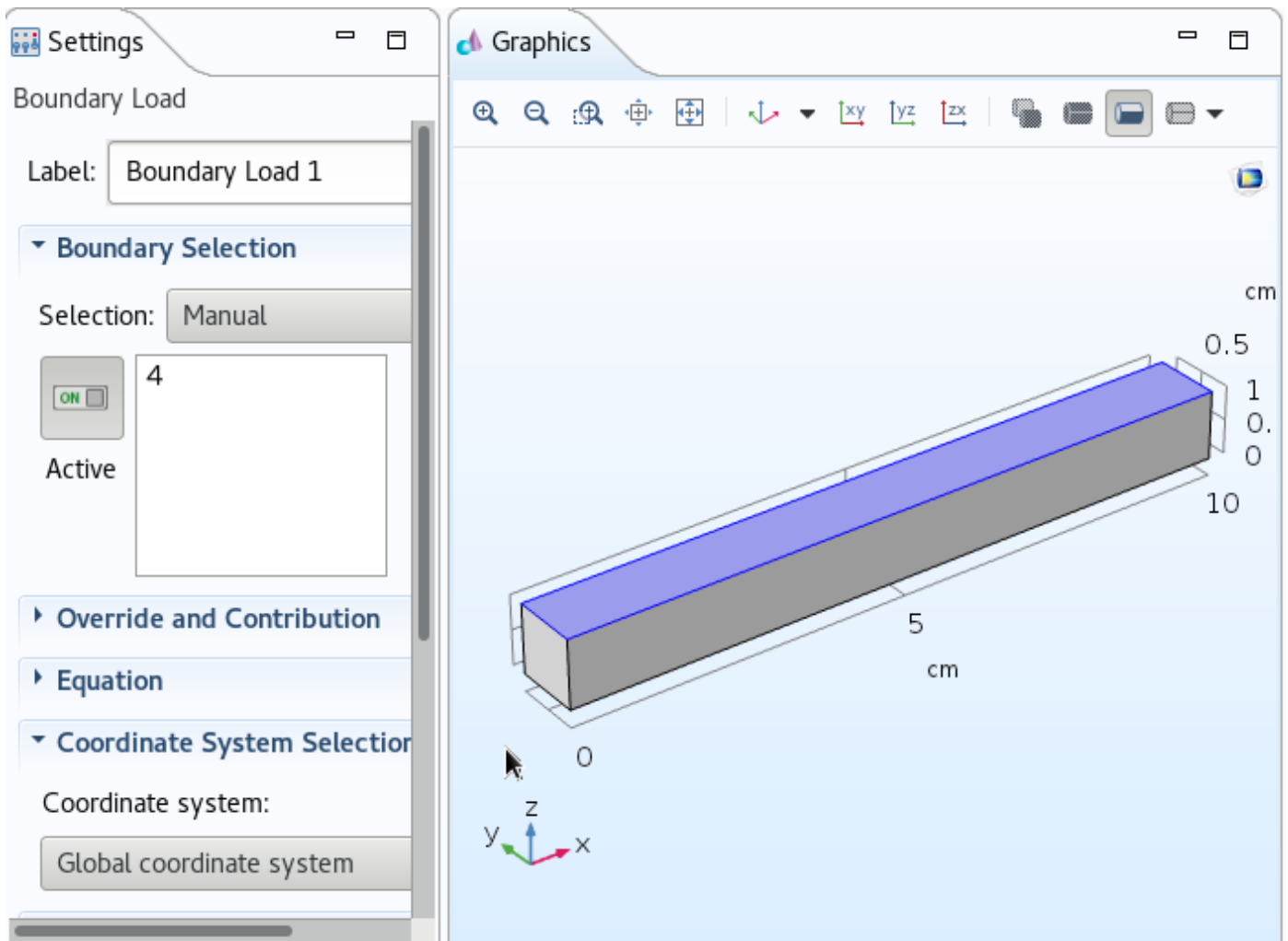
境界荷重の追加

固定拘束を行うため、メニューもしくはコンテキストメニューからBoundary Loadをクリックします。



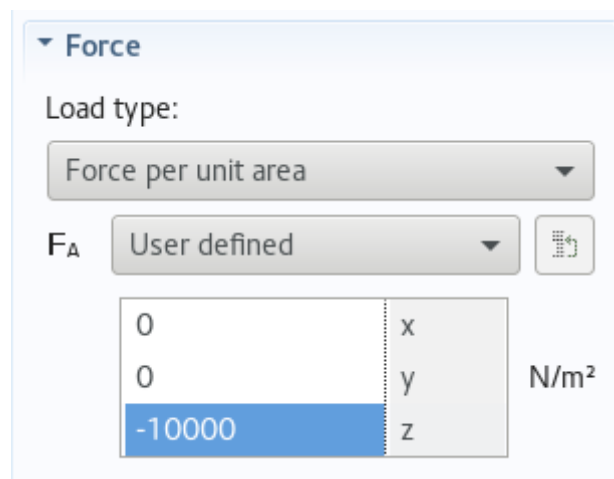
荷重をかける面の指定

モデルビルダに追加されたBoundary Loadを選択して、グラフィックスウィンドウ中の拘束したい面をクリックします。上図の赤い箇所が選択面です。



荷重をかける面

選択された面は設定ウィンドウに表示され、グラフィックスウィンドウにも青色の表示となります。

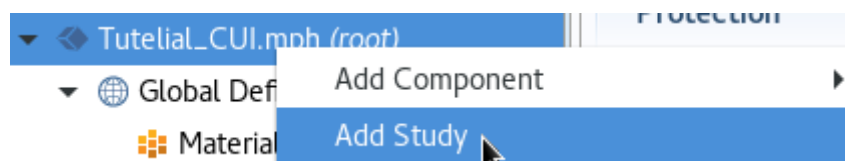


荷重設定

荷重設定を設定ウィンドウのForceから上図のように行います。

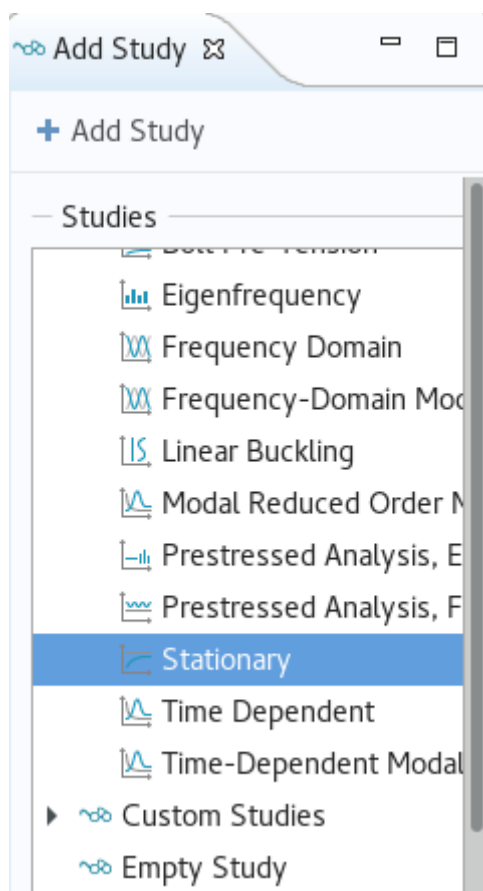
### 3.4.5. スタディの設定

設定した現象の解析を行います。"定常"設定がされているので、スタディを追加します。



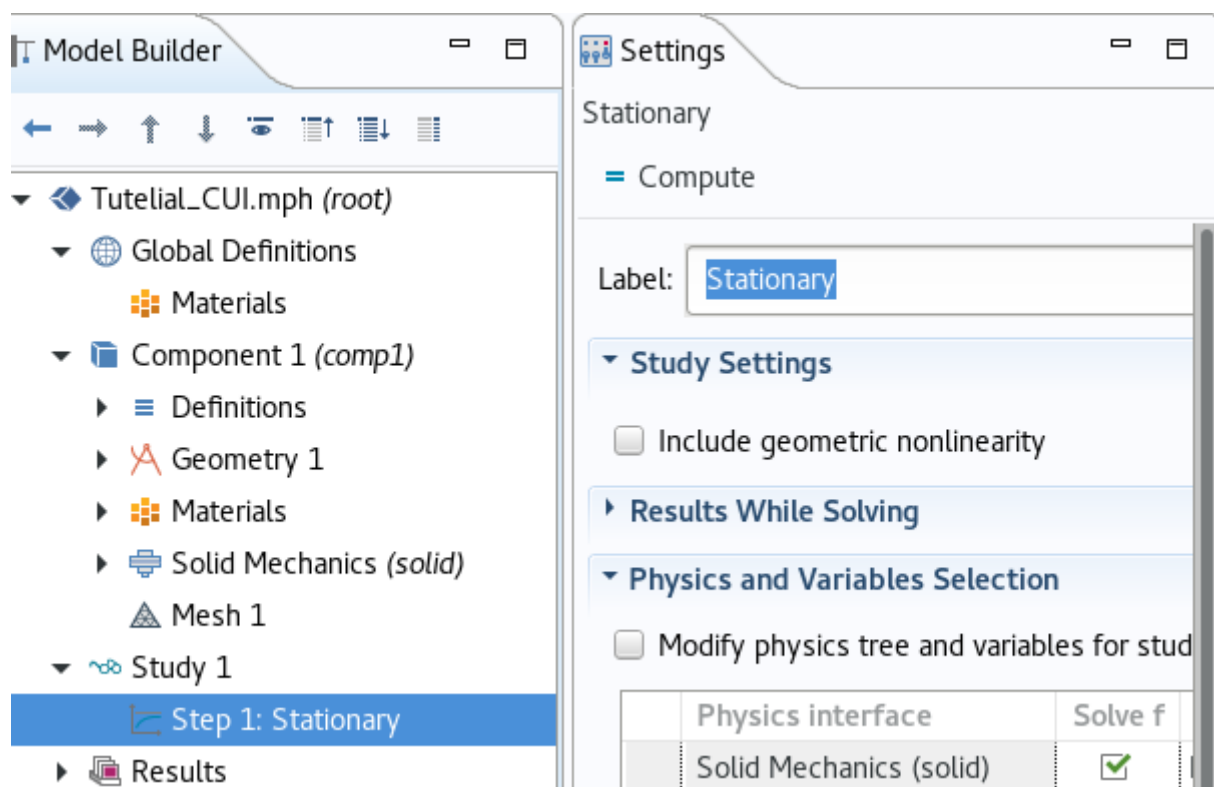
スタディの追加(コンテキストメニュー)

メニューもしくはコンテキストメニューからAdd Studyをクリックします。



スタディ選択画面

Stationaryを選択し、Add Studyをクリックします。

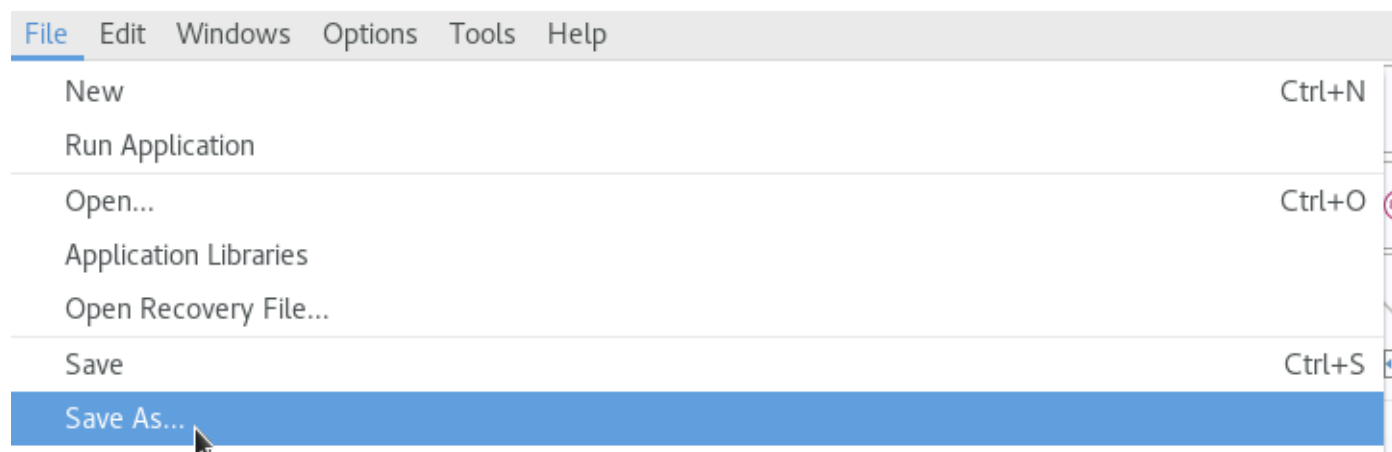


モデルビルダと設定ウィンドウ

定常状態を計算するStudyが追加されました。Computeはクリックしないでください。

### 3.4.6. インプットデータの保存

File>Save もしくはSave As ...をクリックして、名前をつけて保存してください。



メニューからの保存

### 3.4.7. ジョブの投入

本書ではTSUBAME3にCUIで投入します。先程保存したデータをTSUBAME3にアップロードしてください。

下記コマンドで計算ノードに入り、インプットファイルを配置したディレクトリに移動してください。<>は各自環境に合わせて読み替えてください。

```
$ qssh -l h_rt=0:10:0 -l f_node=1
$ cd <インプットファイルを配置したディレクトリ>
```

以下のコマンドでモジュールの読み込みと計算の実行を行います。<>は各自環境に合わせて読み替えてください。

```
$ module load comsol/53
$ comsol batch -np 28 -inputfile <先程保存したファイル> -outputfile <出力ファイル>
```

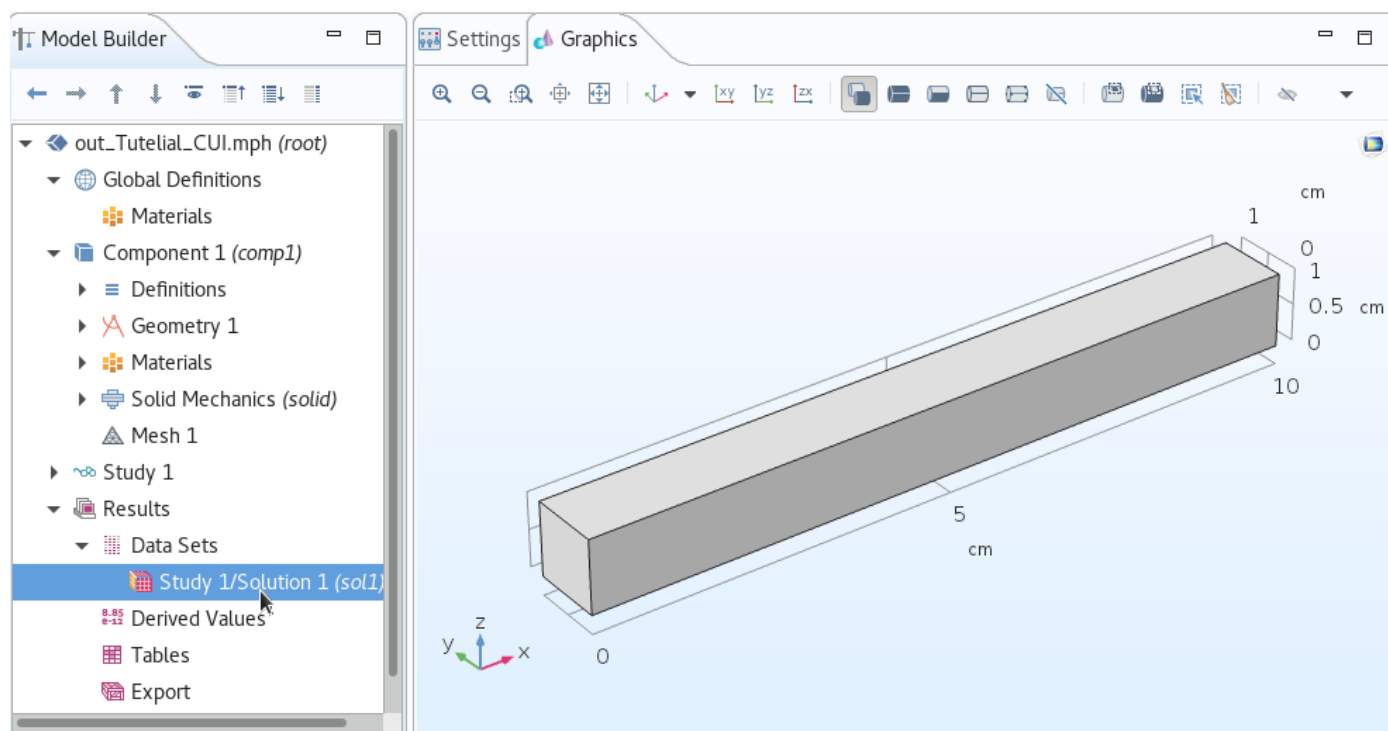
今回作成した系では8秒もかからず終了します。

```
----- Current Progress: 100 % - Solving linear system
Memory: 1115/1115 10847/10847
Solution time: 1 s.
Physical memory: 1.13 GB
Virtual memory: 10.85 GB
Ended at 19-Sep-2017 12:15:31.
----- Stationary Solver 1 in Study 1/Solution 1 (sol1) ----->
Run time: 3 s.
Saving model: 出力ファイル
Save time: 0 s.
Total time: 8 s.
----- Current Progress: 100 % - Done
Memory: 1132/1132 10847/10847
```

計算後のデータは端末にダウンロードしてください。

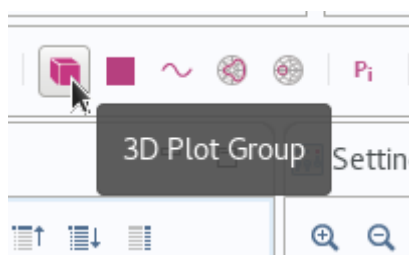
### 3.4.8. データ可視化設定の作成

GUIで計算を行う場合は必要ありませんが、batch実行の場合は自動的に結果の可視化は行われないため、可視化設定を行います。先の項目でダウンロードしたデータを利用します。計算後のデータをCOMSOL Desktopで開いてください。



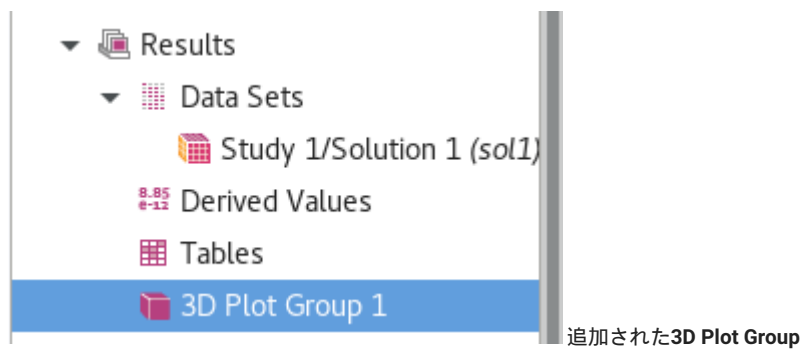
計算後データ

計算後のデータの結果>Data SetsにStudy 1 Solution1が追加されていることを確認してください。

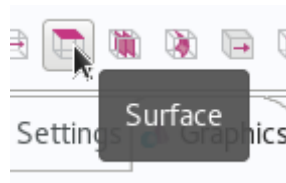


3D Plot Groupの追加

3D Plot Groupをクリックして3D Plot Groupを追加してください。



モデルツリーに追加されますので、選択します。



表面の追加

Surfaceをクリックして表面を追加してください。

Label: Surface 1

▼ Data

Data set: From parent

▼ Expression

Expression:

solid.mises

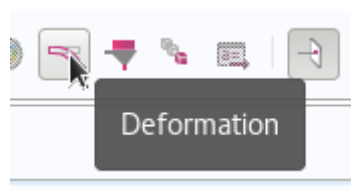
Unit:

slug/(ft\*s^2)

☐ Description:

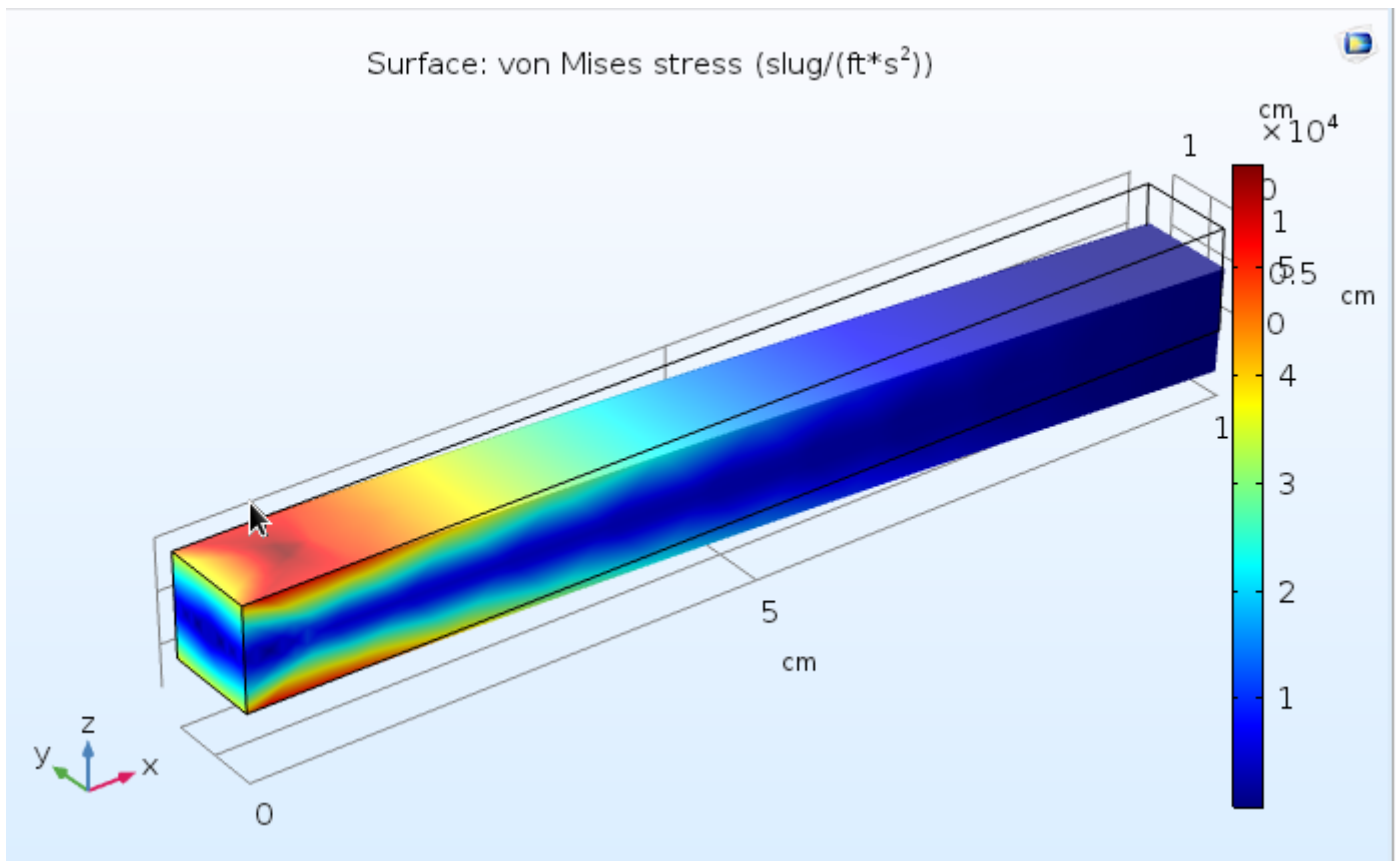
表面の設定

設定ウィンドウを開き、上図のように設定します。



変形の追加

最後にDeformationをクリックして変形を可視化します。



グラフィックスウィンドウ

グラフィックスウィンドウに可視化されたデータが表示されます。



## 改訂履歴

---

改定日付	内容
2022/02/10	「2.1.4. 利用可能なモジュール一覧」を追加
2020/10/07	「3.3.1 メインメニュー」でHelpにはmodule load firefoxが必要な旨を追記
2020/04/30	X転送に関する記載を修正
2019/09/13	mkdocs版作成
2018/07/18	2.1.3にGUIでのマルチノードの実行例を追記、4.3「ユーザ端末上のCOMSOL Desktopの起動」を削除
2017/11/15	2.1.4の誤記を修正4.1.1→4.6.1
2017/09/25	インタラクティブ実行にGUIの起動方法を追記
2017/09/20	初版