

1. セットアップ

1.1. セットアップのダウンロード

ダウンロードのページから、HeaTran2Dsu.zip 又は、HeaTran2Dfl.zip をダウンロードして解凍してください。

HeaTran2Dsu.zip を解凍すると HeaTran2Dsu というフォルダが作成されます。

HeaTran2Dfl.zip を解凍すると HeaTran2Dfl というフォルダが作成されます。

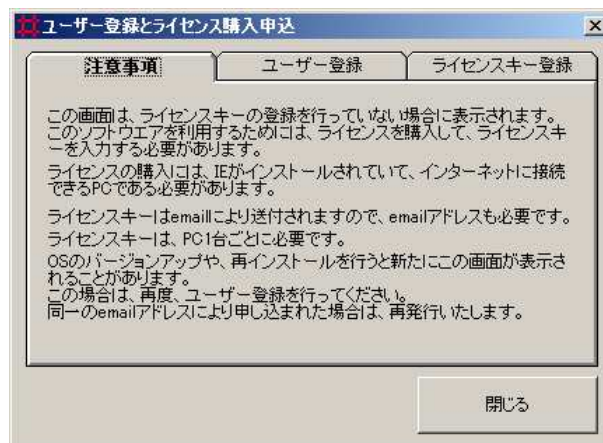
HeaTran2Dfl には、インターフェースとなる、HeaTran2D_pp1iso.xls(ISO 例題入力済み) と HeaTran2D_pp1.xls(未入力)が含まれていることだけが異なります。

解凍されたフォルダの中に setup.exe がありますので、ダブルクリックして実行してください。

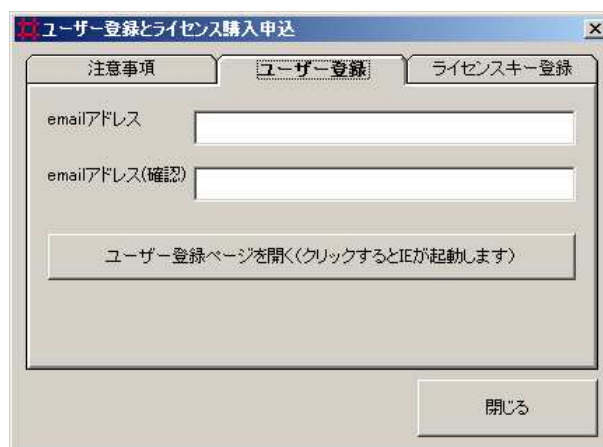
あとは、画面の指示に従ってセットアップを完了してください。

セットアップが完了したら、スタートメニューに HeaTran2D が登録されていますので、HeaTran2D を実行してください。

実行すると、以下の「ユーザー登録とライセンスの申し込み」が表示されます。



「ユーザー登録」タブをクリックすると以下のように表示されます。



email アドレスを入力して、「ユーザー登録ページを開く(IE が起動されます)」をクリックします。

HeaTran2D ver1.0.0 User Mnual rev.1.0
20130125 3rdeye,Inc.

3rdeye, Inc.
HeaTran2D ver1.0.0のユーザー登録とライセンス購入申込

お申込の前に
弊社では、ユーザーをe-Mailアドレスにより識別しております。
e-Mailアドレスが異なる場合には、別のユーザーとして識別され、ユーザー登録とライセンスの購入手続きが必要になります。
ただし、自社ドメインをお持ちの方は、ドメインが同一の場合には、ライセンスキーを直ちに発効します。

ユーザー登録とライセンスの購入は、下記購入申込みフォームに必要事項をご記入の上、“使用許諾契約を承諾してライセンス購入を申込み”をクリックしてください。
折り返し、振込先等を記載した確認メールをお送りします。

最低限e-Mailアドレスのみで登録とライセンス購入の申込みは可能ですが、以下の問題を防ぐためにも、なるべく詳細にご記入ください。
1) メールアドレス等を変更する場合の、同一ユーザーの確認
2) ドメイン変更の場合の同一ユーザーの確認
2) 入金確認時のID記入忘れ等

ここで得た個人情報は、弊社からのご連絡(バージョンアップ等)及び、登録e-mailの変更時の照会等以外には使用されません。

なお、教育機関、学生、公的機関、特定行政庁、評価協会会員等を対象とするドメイン(ac.jp, ed.jp, go.jp等あるいは特定行政庁、評価協会会員と識別されるドメインの場合)をお持ちの方には、本ソフトウェアのライセンスキーを無償発行しますので、ご入金の必要はありません。
この場合折り返し(あるいは確認後)ライセンスキーを記載したメールを送付いたします。
ドメインが登録されていない場合は、振込先等を記載した確認メールが届く場合もありますが無視してください。
(なお、ご入金いただいた場合にはありがたく頂戴いたします。)

ユーザー登録とライセンス購入申込フォーム(会社名、部署名は、法人の方用)

ご注文製品(製品名/ver.)	HeaTran2D/ver.1.0.0
価格:	¥21,000(消費税込み)
ご登録e-mail:	test@3rdeye.co.jp 誤りが無いか再度ご確認ください。
お名前(姓/名)	/
お名前ふりがな(姓/名)	/

氏名住所等をご記入の上申込みを行ってください。

アドレス等を記入しなくても、申込みは可能ですが、メールアドレスの変更や、振込確認のトラブル等に対しての手掛かりとなりますので、出来るだけご記入ください。

折り返し、振込先等を記述したメールが送信されますので、ご入金ください。

入金確認後ライセンスキーが登録メールアドレスに送られますので、ライセンスキーを入力してください。

以上でセットアップは完了です。

2. インターフェースの使用方法

操作方法はとても簡単ですので、入力済みのファイルを見ながら試してみるとすぐにわかると思います。

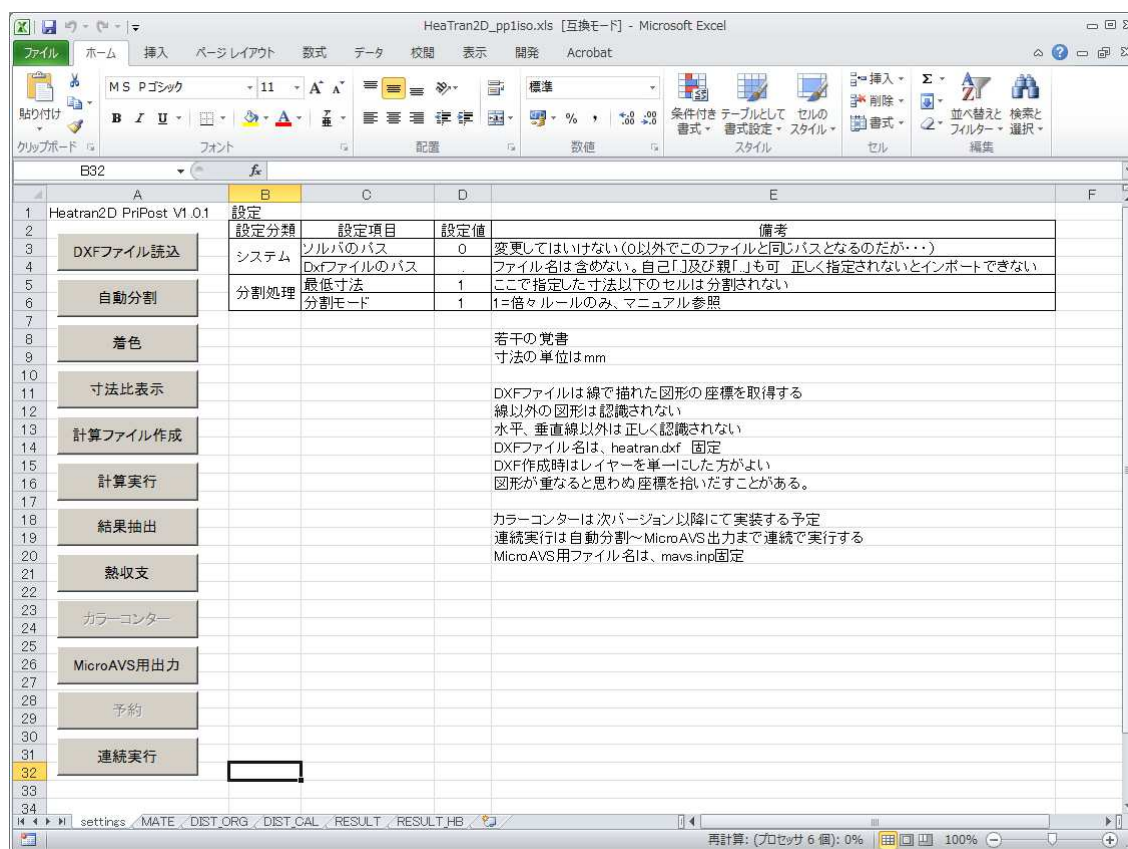
まずは、ダウンロードのページから、HeaTran2D_pp1.zip(未入力)または、HeaTran2D_pp1iso.zip(ISO 例題入力済み)をダウンロードします。

ダウンロード後、解凍して、エクセルのファイルを取り出してください。

以下の解説は、HeaTran2D_pp1iso.xls(ISO 例題入力済み)を利用します。

3. 構成

ファイルを開くと次の通りです。



シートは、「settings」「MATE」「DIST_ORG」「DIST_CAL」「RESULT」「RESULT_HB」があります。

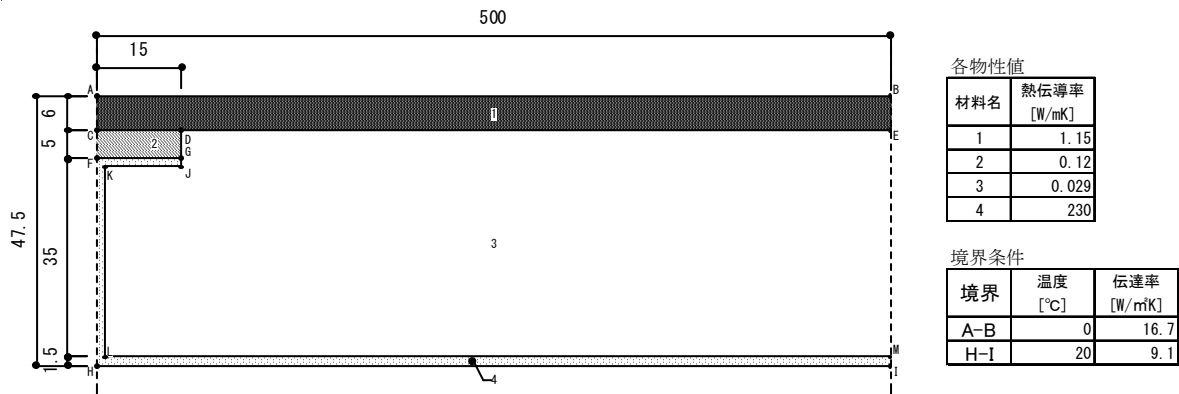
作業の流れは、「MATE」で材料や、境界条件を設定、「DIST_ORG」で計算モデルを入力、そして計算を実行し計算結果を得るという流れになります。

以下、この順番で解説し、その後各シートについて解説します。

操作自体は非常に簡単ですが、伝熱解析の知識が必要かもしれません。

4. 入力から計算まで

以下の ISO10211 の例題を使って、計算方法を解説します。



4.1. 材料と境界条件の設定

シート「MATE」で、材料と境界条件を設定します。

記号	材料名	材料熱伝導率 [W/mK]	備考	記号	境界温度 [°C]	表面熱伝導率 [W/mK]	貫流率算定用区間寸法 [m]	貫流率算定用温度差 [°C]	記号	温度 [°C]	備考
A1	1	1.1500000		B1	0	16.700	0.500	20.000	C1		
A2	2	0.1200000		B2	20	9.100	0.500	20.000	C2		
A3	3	0.0290000		B3					C3		
A4	4	230.0000000		B4					C4		
A5				B5					C5		
A6				B6					C6		
A7				B7					C7		
A8				B8					C8		
A9				B9					C9		
A10				B10					C10		

見ての通り、材料を A1~A10 までに入力します。

B1~B10 までは、伝達率を持つ境界を入力します。

C1~C10 までは、境界に温度を与える場合に使用します。

材料や、境界を識別する色は、自由に設定できます。

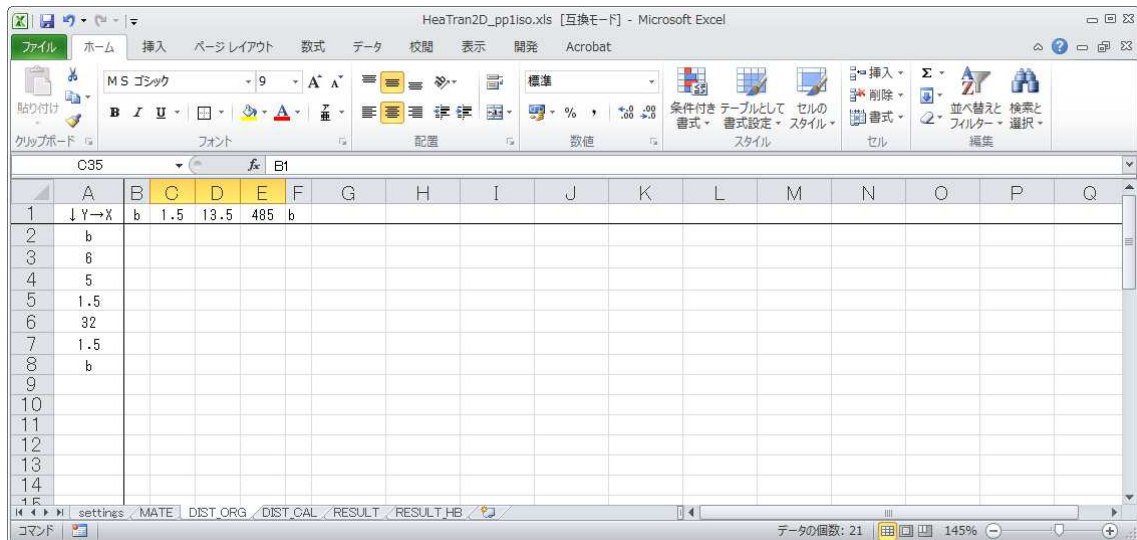
セルの塗りつぶしで着色してください。

4.2. 計算モデルを入力

4.2.1. 寸法の入力

シート「DIST_ORG」で計算モデルを入力します。

HeaTran2D ver1.0.0 User Mnnal rev.1.0
20130125 3rdeye,Inc.



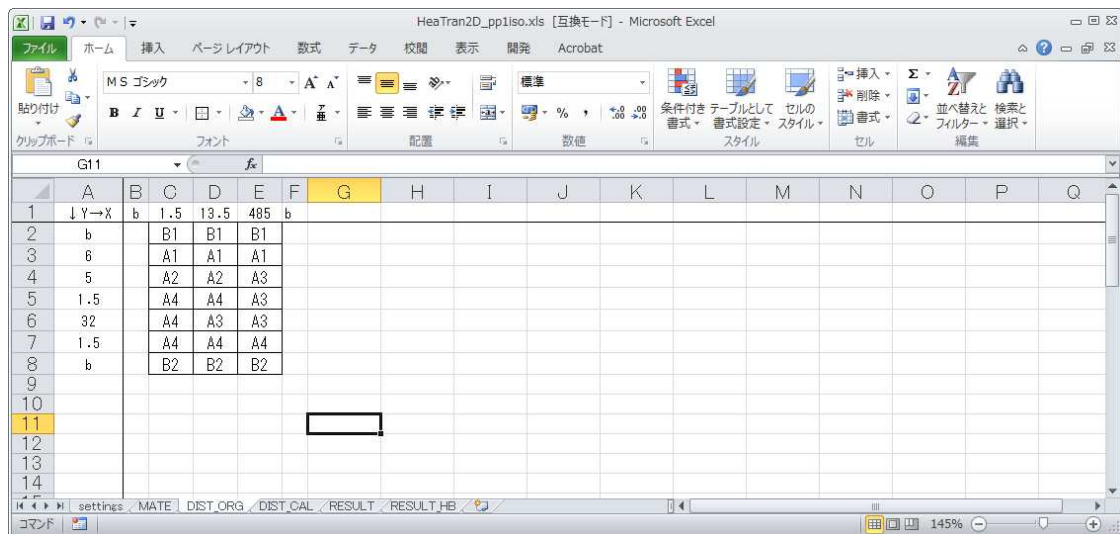
X 方向の寸法を 1 行目の B 列以降に入力します。

Y 方向の寸法を 1 列目の 2 行目以降に入力します。

寸法の最初と最後は、小文字の b を入力して下さい。

4.2.2. 材料の指定

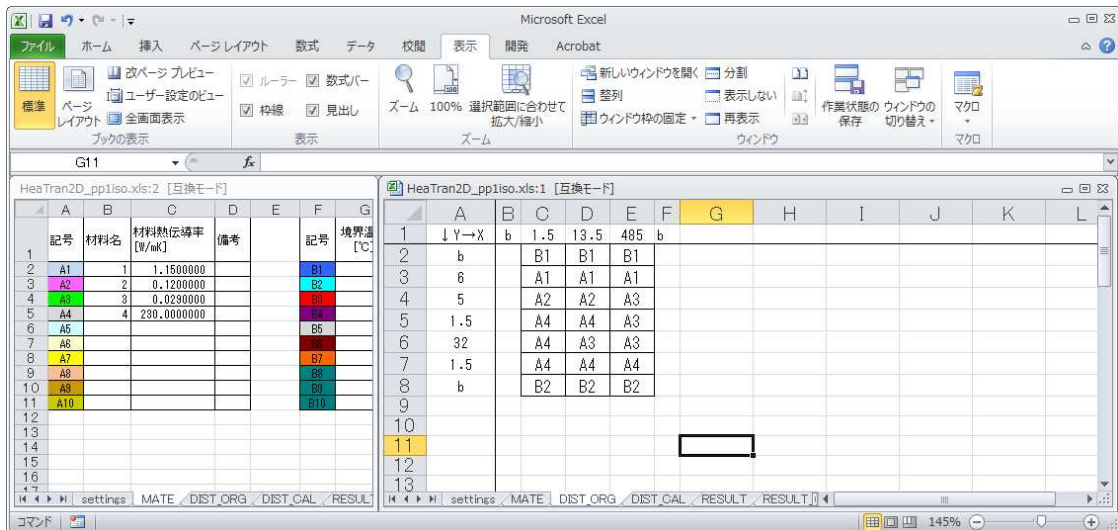
次に、各区間の材料をシート「MATE」で設定した記号を使って入力します。



このとき色はついていてもいなくても、どちらでも構いません。

表示—新規—整列として、シート「MATE」シート「DIST_ORG」の両方を表示すると使いやすいでしょう。

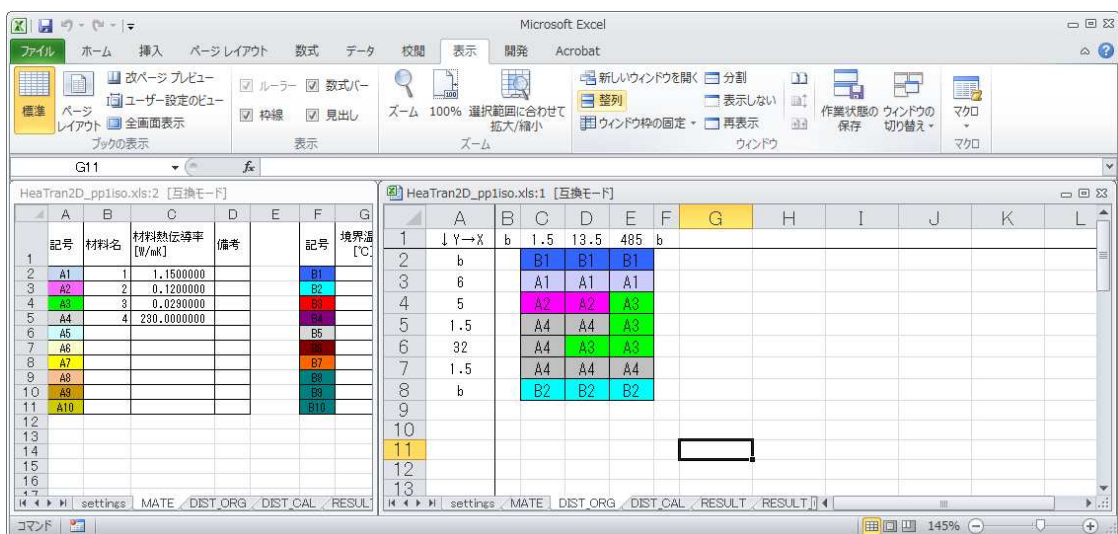
HeaTran2D ver1.0.0 User Manual rev.1.0
20130125 3rdeye, Inc.



なお記号だけだと分かりにくいので、シート「MATE」からコピー&ペーストで入力するとわかりやすいと思います。

また、シートは、「settings」の[着色]コマンドボタンをクリックすると、シート「MATE」で設定された色で再着色されますので、入力のチェックに役立ちます。

着色するとこんな感じです。



4.3. 計算の実行

入力が出来たら、シート「settings」のコマンドボタン[連続実行]をクリックすると計算用に、モデルが細かく分割されて、計算されます。比較的小さなモデルの場合は一瞬で計算が終了してしまうので、計算終了がよく分らないかもしれません。

計算結果は、シート「RESULT」に各点の温度が、シート「RESULT_HB」に各境界の取得熱量が計算されます。

また、MicroAVS 用のファイル「mavs.inp」が同じフォルダに作成されます。

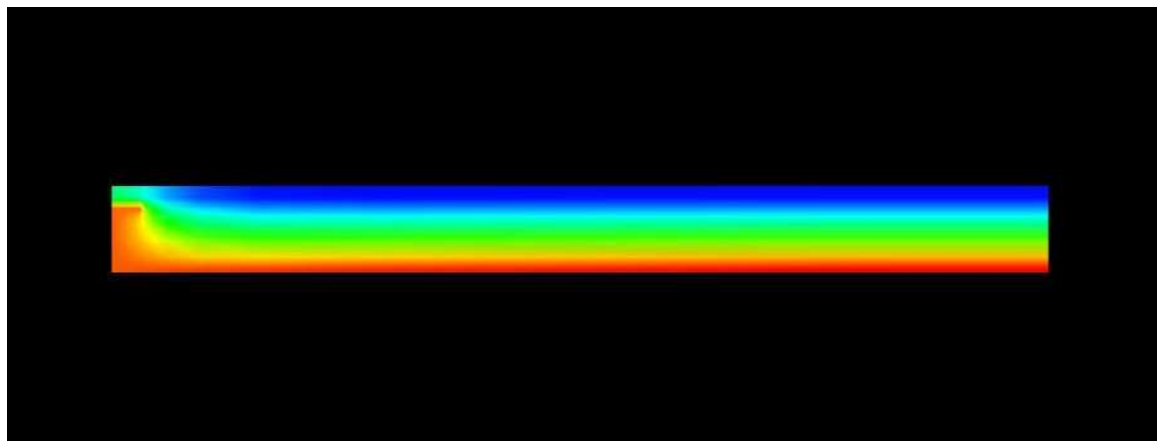
シート「RESULT」の例

HeaTran2D ver1.0.0 User Mnual rev.1.0 20130125 3rdeye, Inc.

シート「RESULT_HB」の例

なお、計算モデルによっては、熱貫流率は、意味を持たない場合もあります。

mavs.inp を MicorAVS で作図した例(MiceoAVS は別途ご購入下さい。)

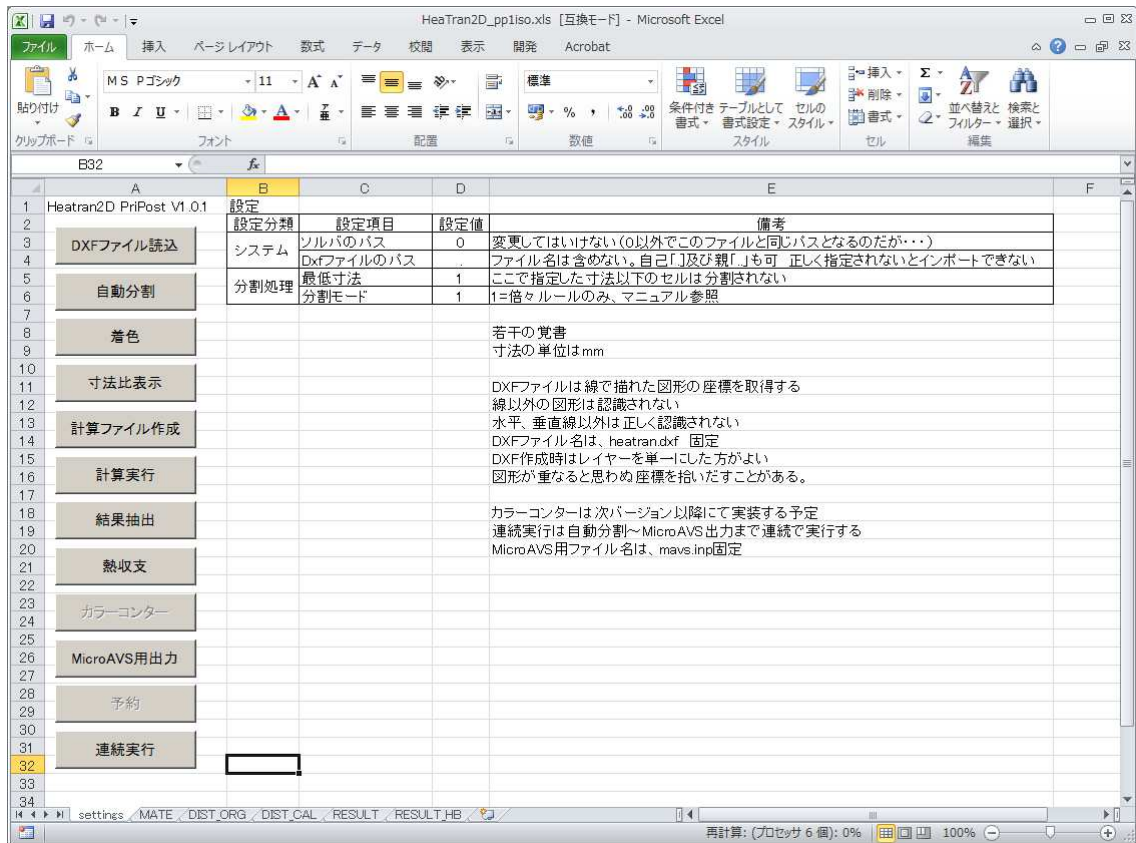


5. 各シートの詳細

各シートの詳細を以下に示します。

5.1. 「settings」

このシートでは、設定とコマンドボタンが配置されています。



5.1.1. 各コマンドボタンの解説

5.1.1.1. [DXF ファイル読み込み]

シート「DIST_ORG」で寸法を入力すればいいのですが、少し複雑なモデルになると入力が面倒です。

そこで、DXF データを読み込み、シート「DIST_ORG」の寸法へ書き出すことで省力化できます。

CAD では、直交する直線のみで作図したうえで DXF として保存してください。

ファイル名は、heatran.dxf としてください。

heatran.dxf は、実行中のエクセルファイルと同じフォルダにおいてください。

5.1.1.2. [自動分割]

シート「DIST_ORG」に入力された計算モデルを、計算実行用に細かく分割します。

分割された計算モデルは、シート「DIST_CAL」に出力されます。

場合によっては、この結果をさらに修正することも出来ます。

5.1.1.3. [着色]

シート「DIST_ORG」とシート「DIST_CAL」に着色します。

5.1.1.4. [寸法比表示]

シート「DIST_ORG」のセルの幅と高さを寸法の比で表現します。

寸法の比によっては、エクセルのセルの幅や高さの最大値を超えてしまい、うまく表示できない場合があります。

5.1.1.5. [計算ファイル作成]

計算実行用ファイルを作成します。

5.1.1.6. [計算実行]

HeaTran2D.EXE を起動して計算します。

5.1.1.7. [結果抽出]

計算結果をシート「RESULT」に書き出します。

5.1.1.8. [熱収支]

シート「RESULT」から、各境界の取得熱量を集計して「RESULT_HB」へ書き出します。

5.1.1.9. [カラーコンター]

このバージョンでは実装されていません。

5.1.1.10. [MicroAVS 用出力]

シート「RESULT」から、MicroAVS 用のファイルに出力します。

5.1.1.11. [予約]

このバージョンでは実装されていません。

5.1.1.12. [連続実行]

モデルの分割、計算ファイルの出力、計算、結果の抽出、MicroAVS 出力までを連続して実行します。

5.2. 設定項目

設定は基本的にいじらないでください。

6. HeaTran2D の計算理論

●有限要素法

本プログラムでは、長方形要素により解析を行っている。要素の局所座標 ξ η における形状関数を以下に示す。

$$N_1 = \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta)$$

$$N_2 = \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta)$$

$$N_3 = \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta)$$

$$N_4 = \frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta)$$

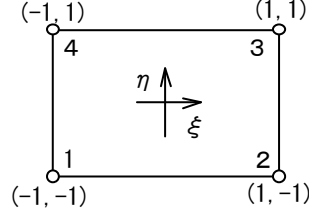


図 1 : 長方形要素における ξ η 局所座標系

$$H = \sum_{i=1}^4 N_i H_i$$

H_i : 節点の値

定常熱伝導問題の発熱項を省略した支配方程式は、次式となる。

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial Y^2} \right) = 0$$

この支配方程式を有限要素法により定式化すると次式となる。

$$\{f_e\} = [K_e] \{\theta_e\}$$

ここで、

$\{f_e\}$: 要素の熱流ベクトル

$[K_e]$: 要素の熱伝導マトリクス

$\{\theta_e\}$: 節点温度ベクトル

$$[K_e] = \int \lambda \left(\frac{\partial [N]^T}{\partial X} \frac{\partial [N]}{\partial X} + \frac{\partial [N]^T}{\partial Y} \frac{\partial [N]}{\partial Y} \right) |J| d\xi d\eta$$

ここで、

$[N]$: 形状関数の行ベクトル

$[N]^T$: 上記の転置

$|J|$: ヤコビアンマトリクス J の行列式の値

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial X}{\partial \xi} & \frac{\partial Y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial X}{\partial \eta} & \frac{\partial Y}{\partial \eta} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^4 \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} X_i & \frac{\partial N_i}{\partial \xi} Y_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} X_i & \frac{\partial N_i}{\partial \eta} Y_i \end{bmatrix}$$

$$|J| = \frac{\partial X}{\partial \xi} \frac{\partial Y}{\partial \eta} - \frac{\partial X}{\partial \eta} \frac{\partial Y}{\partial \xi}$$

ヤコビアンマトリクス J の逆行列は、以下のとおり。

$$J^{-1} = \frac{1}{|J|} \begin{bmatrix} \frac{\partial Y}{\partial \eta} & -\frac{\partial Y}{\partial \xi} \\ -\frac{\partial X}{\partial \eta} & \frac{\partial X}{\partial \xi} \end{bmatrix}$$

形状関数の偏微分は次式で表される。

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial X} \\ \frac{\partial N_i}{\partial Y} \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{bmatrix}$$

系全体の方程式は以下で表される。

$$\{f\} = [K]\{\theta\}$$

ここで、

$\{f\}$: 全体の熱流ベクトル

$[K]$: 全体の熱伝導マトリクス

$\{\theta\}$: 全体の節点温度ベクトル

7. 平均熱貫流率の算定について

本プログラムのポストプロセスとして、境界条件ごとの取得熱量($Q[W/m]$)を算定している。
取得熱量の算定方法は、以下の通りである。

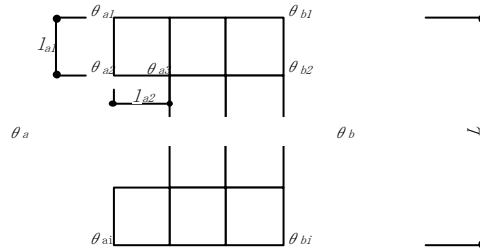
境界条件の温度を θ_a θ_b 表面伝達率を α_a α_b としそれぞれの境界が取得する熱量を Q_a Q_b とする。また、計算された各点の温度のうち、境界 a に面する各点の温度 θ_{ai} 、境界 b に面する各点の温度 θ_{bi} とする。隣接する区間 i と $i+1$ の距離を l とする。

Q は以下の式で表わされる。

$$Q_a = \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_a l_i \{ \theta_a - (\theta_i + \theta_{i+1}) / 2 \}$$

$$Q_b = \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_b l_i \{ \theta_b - (\theta_i + \theta_{i+1}) / 2 \}$$

$$Q_a + Q_b = 0$$



したがって、その取得熱量を区間の見附長さ(L)及び境界間温度差(θ)で叙することにより、その区間の平均熱貫流率(U)を算定することができる。

$$U = Q / (L \cdot \theta)$$

8. オートメッシュ

本プログラムプリプロセスとして、入力モデルの自動メッシュ機能がある。

入力されたモデルの区間が **2mm** 未満の場合には、分割しない。

2mm 以上の区間については、以下のルールで分割される。

現在の分割寸法を **1mm** とする。

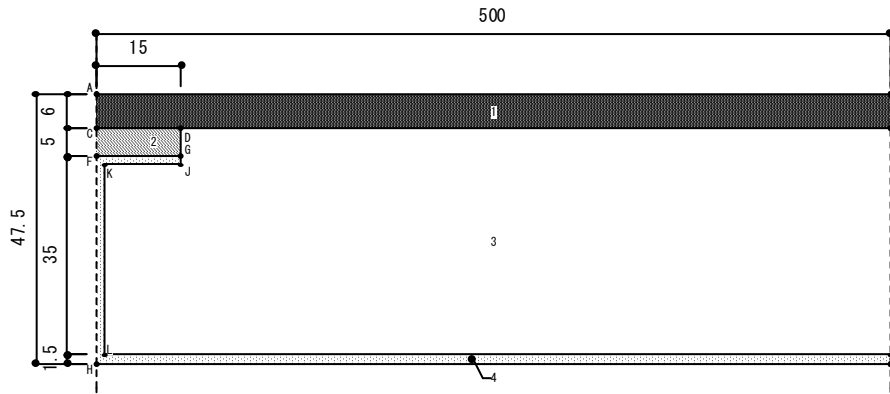
その区間の両側 **1 mm** で分割、残りがある場合には、分割寸法を倍にして、区間を分割できる場合には、分割する。分割できない場合は終了する。

この分割方法により、隣り合わせの区間の距離は、**2 倍から 2.5 倍**の範囲となる。

9. 計算精度

本プログラムは、ISO10211 の例題により計算精度を検証している。

ISO10211 の例題を以下に示す。



各物性値は、

材料名	材料熱伝導率 [W/mK]
1	1.1500000
2	0.1200000
3	0.0290000
4	230.0000000

境界条件

温度 [°C]	伝達率 [W/㎡ K]
0	16.700
20	9.100

であり、各点の温度の誤差は、 0.1°C 以下、熱流量の誤差は、 0.1 W/m 以下とされている。

結果 1 : 各点の温度

temperatures difference[°C]			
point	ISO	HeatRan2D	ISO-HeatRan2D
A	7. 1	7. 080369738487200	0. 0196302615127992
B	0. 8	0. 760961176702207	0. 0390388232977931
C	7. 9	7. 916049105227020	-0. 0160491052270197
D	6. 3	6. 277940733980970	0. 0220592660190295
E	0. 8	0. 827269708213759	-0. 0272697082137590
F	16. 4	16. 426201578859900	-0. 0262015788599008
G	16. 3	16. 352695945070400	-0. 0526959450704005
H	16. 8	16. 785342178884500	0. 0146578211155024
I	18. 3	18. 360632497782100	-0. 0606324977820982

結果 2 : 熱流量

total heat flow [W/m]		
ISO	HeatRan2D	ISO-HeatRan2D
9.5	9.5143464767482	-0.0143464767481980

上記のように、温度、熱流ともに十分な精度を保有している。