

・解析の素人ですが、マニュアルとネットを参考にコネクタでの熱解析を試みています。

*本資料の、コピー及び再配布を禁止します。

A. LISAによる熱応力解析について

- ・1つの熱応力のみが解析可能となります。
- ・複合材料での解析は可能だが、3D CADファイルからの部材は材料間の接合が出来ないため、LISAで生成したメッシュのみ利用可能。
- ・材料の異方性については、解析可能。

B. 評価目的と内容

- ・プラグ側樹脂部材(ハウジング)の、半田付け時の熱負荷による寸法変化を代表部材で比較評価する。 合せて異方性材料の解析を行う。
- ・コネクタの使用可能な最高温度での変形の確認。

C. 評価材料の物性値 *物性値の単位はmm単位に合わせる。

1 PBT GF30% (三菱EP ノバデュラン5010G30で評価)

物性名	記号	値	単位	物性名	記号	値	単位
①ヤング率	E1	9000	Mpa MD方向	⑤熱伝導率	k	0.29	10 ⁻³ W/m/K
	E2	4800	Mpa TD方向	⑥比熱	Cp	1.20E+09	10 ⁻⁶ J/kg/°C
②ポアソン比	ν1	MD0.39	TD=0.208	⑦熱伝達係数	h	0.025	10 ⁻³ W/mm ² /K
③比重(密度)	p	1.53E-09	10 ³ kg/m ³	⑧ステファン	σ	5.67E-11	10 ⁻³ W/m ³
④熱膨張率	α	4.00E-05	1/K MD方向	ボルツマン定数			
(20°Cにて)		8.00E-05	TD方向	⑨せん断弾性係	G	3200	Mpa 計算で
(100°Cにて)		4.00E-05	MD方向				
		1.60E-04	TD方向				

*熱伝達係数は、温度差80°Cでの概算値。 *MD=流動方向、TD=直角方向

2 LCP (ポリプラスチック ラベロス E130i で評価)

物性名	記号	値	単位	物性名	記号	値	単位
①ヤング率	E1	12000	Mpa MD方向	⑤熱伝導率	k	0.56	10 ⁻³ W/m/K
	E2	3000	Mpa TD方向	⑥比熱	Cp	1.30E+09	10 ⁻⁶ J/kg/°C
②ポアソン比	ν1	0.45	TD=0.1125	⑦熱伝達係数	h	0.025	10 ⁻³ W/mm ² /K
③比重(密度)	p	1.62E-09	10 ³ kg/m ³	⑧ステファン	σ	5.67E-11	10 ⁻³ W/m ³
④熱膨張率	α	4.30E-06	1/K MD方向	ボルツマン定数			
(30°Cにて)		5.50E-05	TD方向	⑨せん断弾性係	G	4300	Mpa 計算で
(100°Cにて)		5.40E-06	MD方向				
		6.30E-05	TD方向				

*熱伝達係数は、温度差80°Cでの概算値 *比熱は、データ入手できない為、推定値。

*ポアソン比の異方性計算

$$\nu_2 \text{ TD方向} = (E2 * \nu_1) / E1$$

*せん断弾性係数の計算

$$G = E1 / 2(1 + \nu_1)$$

D. プラグハウジングの熱応力解析—1

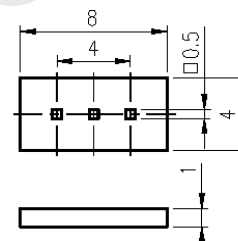
- ・簡易形状のハウジングで、半田付け時にピン圧入部に高温が加わった時の、熱応力解析を実施。

* 評価内容と形状

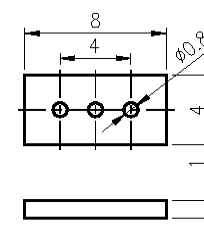
- ・評価部材(ハウジング)は、初期温度 20°Cとする。
- ・ハウジングのピン圧入部内壁に、250°Cを加えて熱解析を実施。 熱応力解析ヘダーターを移行。
- ・熱応力の解析での、基準端を拘束し周囲温度20°Cとなった時の圧入部の寸法変化を計測。

・形状

1)角穴-3Pin



2)丸穴-3Pin



2) 概算理論値

- ・タテ、ヨコの寸法のみを概算で計算した場合の値。
- ・計算は、穴なしの材料で材料の異方性による相互干渉は無しとする。

①PBT

- ・ヨコ寸法 8mmの100°Cでの寸法変化。
Lx(MD)=8x100°Cでの熱膨張率
- ・タテ寸法 4mmx100°Cでの寸法変化
Lx(TD)=4x100°Cでの熱膨張率

変化寸法	
MD方向	0.0256
TD方向	0.0512

②LCP

- ・ヨコ寸法 8mmの100°Cでの寸法変化。
Lx(MD)=8x100°Cでの熱膨張率
- ・タテ寸法 4mmx100°Cでの寸法変化
Lx(TD)=4x100°Cでの熱膨張率

変化寸法	
MD方向	0.00346
TD方向	0.02016

*本資料の、コピー及び再配布を禁止します。

1 ケース-1 PBT材-角穴

1) メッシュ

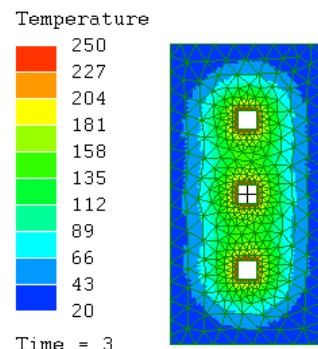
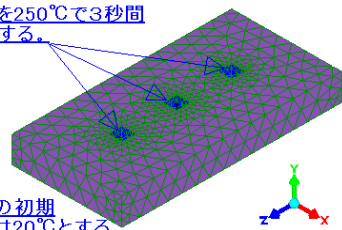
メッシュ生成	3D	Tet-4 ・自動	要素数
3D CAD -STEPファイル ・1次要素のみ			4954

2) 設定

3) 熱評価

内壁を250℃で3秒間加熱する。

材料の初期温度は20℃とする。



* 穴の壁面を250℃で3秒間加熱した

温度分布を応力解析に使用。

* 材料の異方性は、Z軸=MD、X軸=T

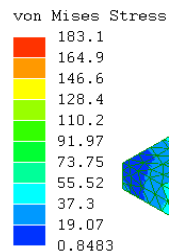
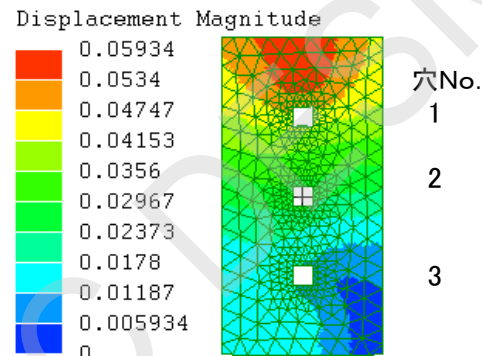
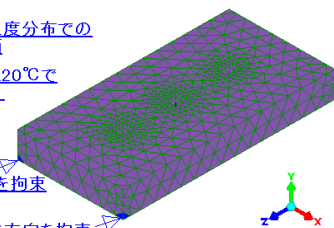
4) 熱応力解析 設定と結果

上記の温度分布での
連成評価

熱ストレス20℃で
評価する。

X、Y方向を拘束

X、Y、Z方向を拘束



* 圧入穴の寸法値

穴位置		タテ	ヨコ
1	0.5010	0.5026	
2	0.4974	0.5047	
3	0.5010	0.5023	

2 ケース-2 PBT材-丸穴

1) メッシュ

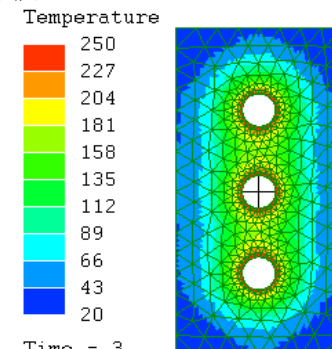
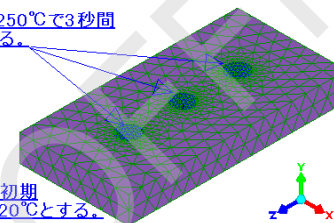
メッシュ生成	3D	Tet-4 ・自動	要素数
3D CAD -STEPファイル ・1次要素のみ			9616

2) 設定

3) 熱評価

内壁を250℃で3秒間加熱する。

材料の初期温度は20℃とする。



* 穴の壁面を250℃で3秒間加熱した

温度分布を応力解析に使用。

* 材料の異方性は、Z軸=MD、X軸=T

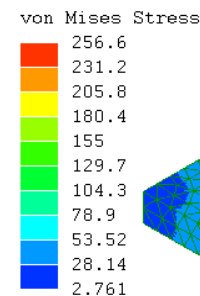
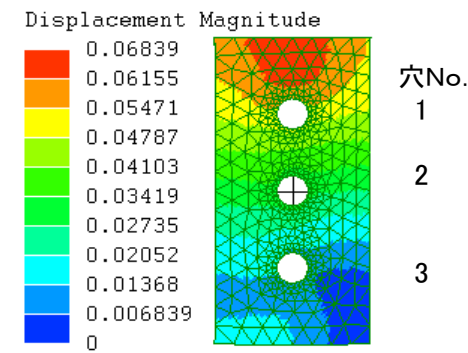
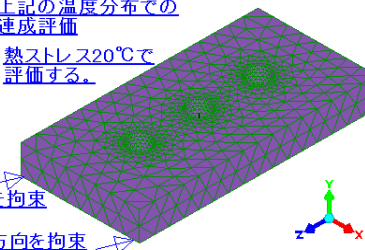
4) 熱応力解析 設定と結果

上記の温度分布での
連成評価

熱ストレス20℃で
評価する。

X、Y方向を拘束

X、Y、Z方向を拘束



* 圧入穴の寸法値

穴位置		直径Φ	
1	0.8103		
2	0.8044		
3	0.8102		

*本資料の、コピー及び再配布を禁止します。

*箱型形状は熱で内ゾリしますが、その確認で解析した参考例です。

F. プラグハウジングの箱型熱応力解析--3

- 具体的な形状のプラグハウジングで、評価温度での寸法変化の傾向を評価。
形状と材料の異方性の傾向を確認する評価。

* 評価内容と形状

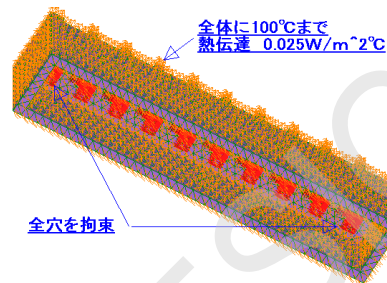
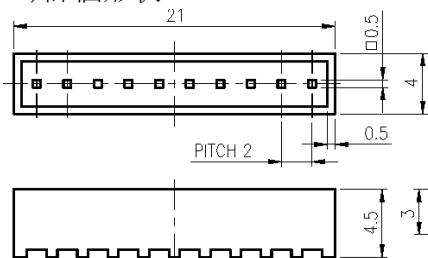
- 評価部材(ハウジング)は、初期温度 20℃とする。
- ハウジングを周囲温度100℃と260℃の槽に投入の場合の、変形の傾向を評価。
- 材料は、PBTとLCPで評価。

1 ケース-1 PBT材--2.0Pitch箱型

1)メッシュ	メッシュ生成 3D	Tet-10 ・自動	要素数
	3D CAD -STEPファイル	・2次要素あり	11370

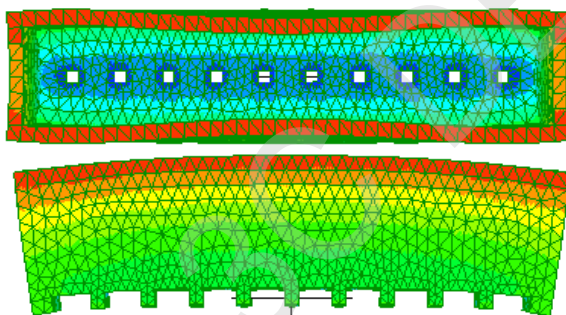
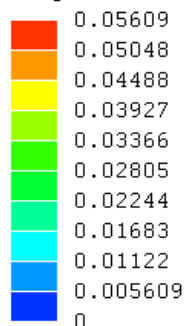
2)評価形状

3)設定



4)結果

Displacement Magnitude



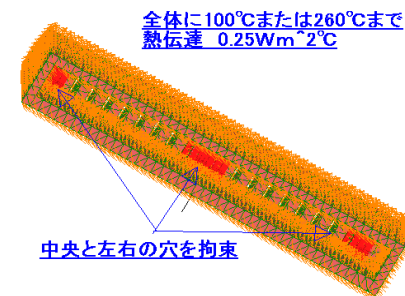
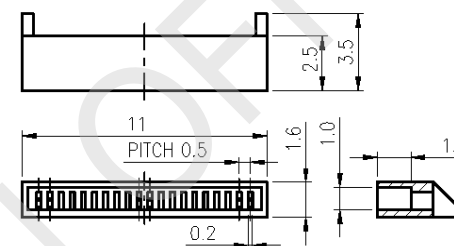
- *図は実際の結果とは異なり、変位した量を拡大し表示しています。(変形の傾向を見る為)
- ・基板に取り付けた状態を想定し穴部を拘束。

2 ケース-2 PBT材--2.0Pitch箱型

1)メッシュ	メッシュ生成 3D	Tet-10 ・自動	要素数
	3D CAD -STEPファイル	・2次要素あり	13231

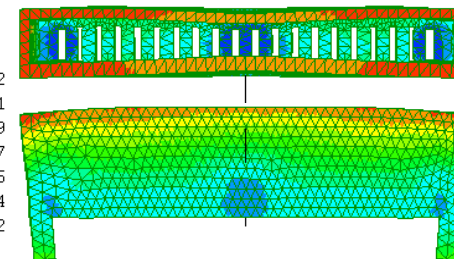
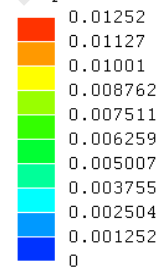
2)評価形状

3)設定



4)結果-1 100℃の場合

Displacement Magnitude

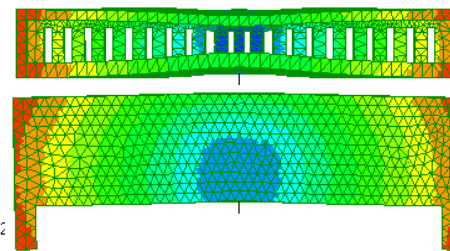
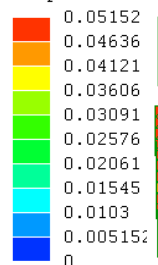


*変位量を拡大し表示。

・基板に取り付けた状態を想定し、穴を拘束。

5)結果-2 260℃の場合 半田リフロー槽に投入を想定。

Displacement Magnitude



*変位量を拡大し表示。

・基板への仮固定を想定
中央穴のみ拘束。

*設定は、中央の穴のみ拘束し他は結果-1と同一。

*LISAによる複合部材の解析は制約条件下で可能ですが、当方の理解不足もありますので解析の方法、結果を含め参考程度にご覧ください。

・以下の解析は、HP「LISAで始める有限要素法解析」を参考にしています。

F. 複合部材の解析-1

- ・ピンヘッダーを例に、複合部材での非定常熱解析と、熱応力解析を実施。
- ・LISAでの解析条件
 - ・3Dの自動メッシュは異なる材料特性間の境界を定義出来ないため不可。手動でメッシュ生成をすることが条件。

評価材料の物性値 *物性値の単位はmm単位に合わせる。

		Pin	樹脂		ハンダ	基板	
適合物性値		Pb	PBT	LCP	SnAgCu	FR-4	単位
①ヤング率	E1	110000	9000	12000	31000	22000	Mpa
②ポアソン比	ν l	0.33	0.39	0.45	0.4	0.16	
③比重(密度)	p	8.86E-09	1.53E-09	1.62E-09	7.40E-09	1.42E-09	10 ³ kg/m ³
④熱膨張率	α	1.82E-05	4.00E-05	4.30E-06	2.10E-05	1.50E-05	1/K
⑤熱伝導率	k	63	0.29	0.56	55	0.44	10 ⁻³ W/m/K
⑥比熱	Cp	1.20E+09	1.20E+09	1.30E+09	2.34E+08	9.50E+08	10 ⁻⁶ J/kg/℃

1 ケース-1 ピンヘッダーの温度変化による非定常解析。

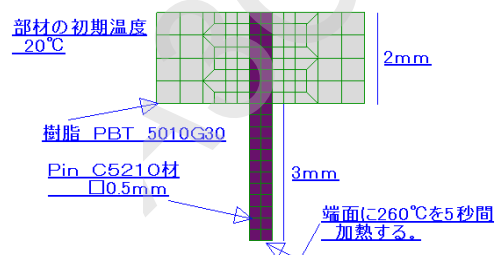
1) 評価内容

- ・コネクタの仕様にある、半田耐熱性の規格に対する評価。
 - ①半田DIPの場合～・260℃±5℃の半田に5秒±0.5秒浸漬する。
 - ②手半田の場合～・コネクタにより 330℃～400℃で3～5秒間加熱する。
- ・いずれの場合も、ピン、コンタクトの変形(浮き、ガタツキ)等、無きこと。
- ・先の、定常解析、非定常解析でピンは2秒程度で加熱した温度近くに達するので、ここでは260℃、5秒のみで評価。

2) メッシュ

メッシュ生成	3D	Hex-8 ・手動	要素数	
LISA内で手動で作成 ・2次要素なし			224	

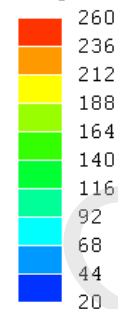
3) 評価形状と設定



*本資料の、コピー及び再配布を禁止します。

4) 結果

Temperature



Time = 5



*一般的にピンヘッダーは、樹脂にピンを圧入し使用。樹脂の熱変形によりピンの保持力が変化する。

圧入部

- ・圧入部は、熱変形温度を超えて融点近くの温度となる。ピンに外力が加わった場合は変形が発生する可能性が有ることが推察される結果となる。
- ・手半田の330℃以上では特に注意が必要となる。また、樹脂にピン、コンタクトの力が加わった状態は特に注意。

*使用樹脂の熱特性

	融点	熱変形温度 (1.8Mpa)
PBT	220℃	202℃
LCP	300℃以上 (融点は不明)	280℃

- ・リフローハンダの場合、PBTは不可、LCPは対応可能。

2 ケース-2 3Pin(3連)ピンヘッダーの熱応力解析。

1) 評価内容

- ・3Pinのピンヘッダーを基板に取り付けた状態で、周囲温度100℃から20℃まで変化させた時の、集中応力の発生箇所と寸法変化の程度を解析。
- ・材料の異方性は考慮せず、複合部材での解析例としてのみ対応。

2) メッシュ

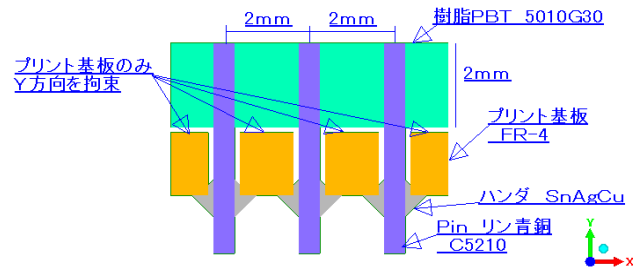
メッシュ生成	2D	Quad-4 ・手動	要素数	
LISA内で手動で作成 ・2次要素なし			1408	

・評価部材

- ①樹脂 ～ ・PBT 5010G30
- ②ピン ～ ・リン青銅 C5210 0.5x0.5角ピン
- ③基板 ～ ・FR-4 スルーホール
- ④ハンダ ～ ・鉛フリー SnAgCu

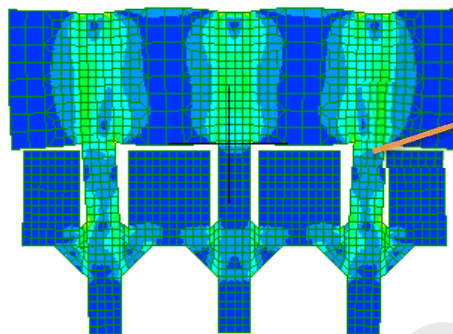
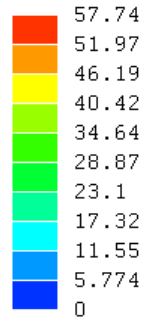
*本資料の、コピー及び再配布を禁止します。

3) 評価形状と設定

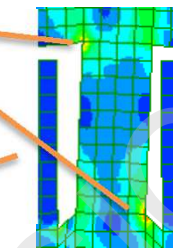


4) 結果

von Mises Stress

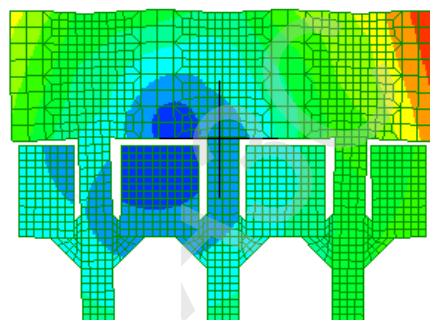
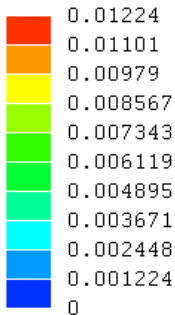


応力集中箇所



* 拡大

Displacement Magnitude



* 変形量はデフォルメ表示しています。

* 評価
・複合部材での解析例で実施。

3 ケース-2 SMTコネクタ半田付け部の熱応力解析。

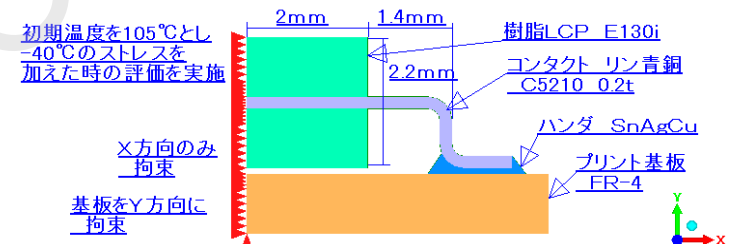
1) 評価内容

- ・SMTコネクタの評価試験の熱衝撃試験(-40℃--105℃)で半田付け部への影響の確認するため評価。
- ・材料の異方性は考慮せず、複合部材での解析例としてのみ対応。

2) メッシュ

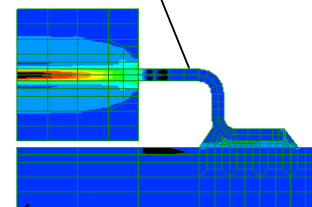
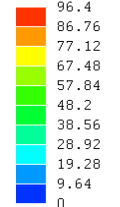
メッシュ生成	2D	Quad-4 ・手動	要素数
LISA内で手動で作成 ・2次要素なし			235

3) 評価形状と設定



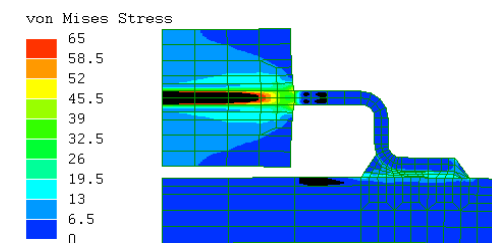
4) 結果

von Mises Stress



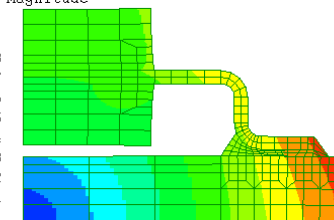
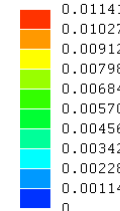
熱膨張係数 1.82e-5

基板 熱膨張係数 1.5e-5



* 応力スケールを変更し半田付け部を観察。

Displacement Magnitude

* 評価
・この構造と解析方法では、基板とコンタクトの熱膨張係数が近い為、半田付け部へのストレスは見られない。