

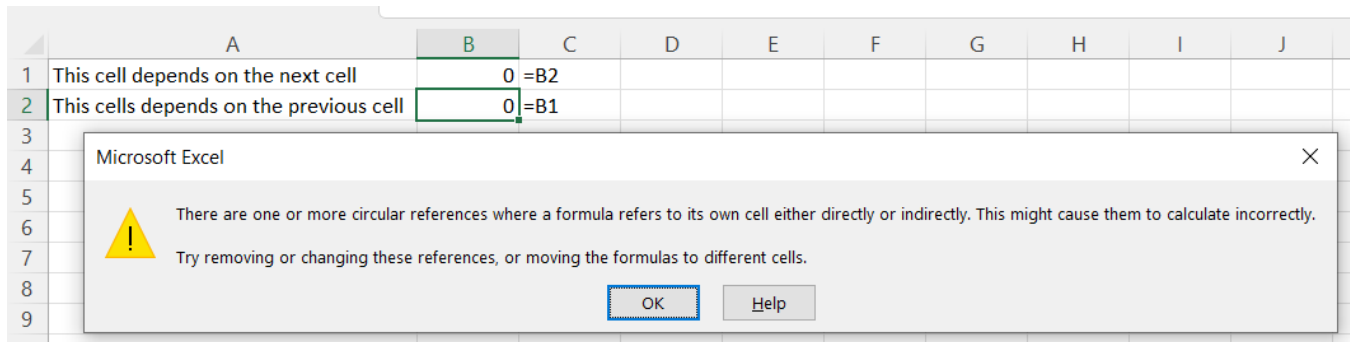
## 太陽 Grant Thornton Advisory Insights

コーポレートファイナンス

今回のテーマ： Excel財務モデリングにおける循環参照の解消法

### 循環参照とは？

財務モデルを構築する際に、誰もが一度は遭遇するエラーの一つに循環参照があります。以下のようなエラーメッセージが表示され、Excel作業が滞ってしまう経験をされた方も多いかもしれません。循環参照は、数式が入力されたセル自体が直接または間接的に計算に含まれるため、エラーメッセージが表示される現象をいいます。



### なぜ循環参照が生じるのか？

特に財務モデルの作成においては、借入金や利息の計算で、循環参照が発生することがよくあります。

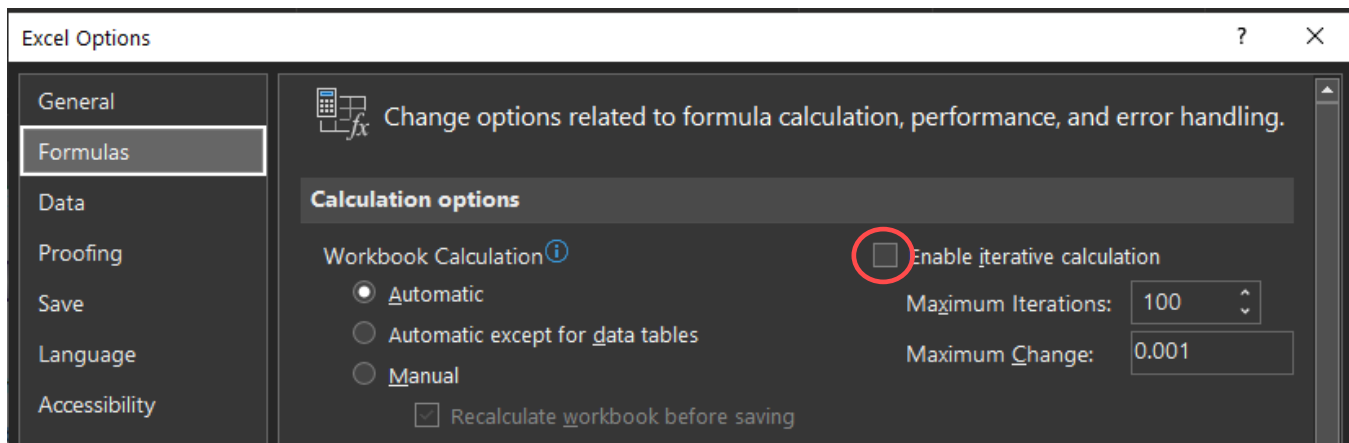
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
27	<b>The circularity problem</b>														
28															
29	<b>Control account</b>														
30							Year 1	Year 2	Year 3	Year 4					
31	Cash b/f	£ 000					100	111	146	191					
32	Cash movements	£ 000					11	35	45	23					
33	Cash interest	£ 000					-	-	-	-					
34	Cash c/f	£ 000					111	146	191	214					
35															
36	<b>Interest calculation</b>														
37															
38	Rate	% p.a.					5.0%								
39	Average cash balance	£ 000					106	129	169	203					
40	Interest	£ 000					5.3	6.4	8.4	10.1					
41															
42															

上図は預金利息の計算例です。現預金の利息（セル J41）は、各期間の期首・期末残高（セル J32、J35）の平均であるセル J40（上図 エリアC参照）を基に計算されます。すなわち、 $C = (\text{Cash b/f} + \text{Cash c/f}) / 2$ となります。

しかし、セル J35の期末残高（Cash c/f）は、それ自体が利息を含めて計算される（セル J41、上図エリアB参照）ため、その結果、計算上、循環参照が発生することになります。

## 循環参照の解決法① – Excelの反復計算機能

循環参照を解消する最もシンプルで簡単な方法は、Excelの設定上反復計算をオンにすることです。Excel オプション > 数式 > 「反復計算を行う」 (Enable iterative calculation) で設定することができます (ショートカット 'Alt→F→T')。



しかし、この方法は慎重に検討する必要があります。なぜなら、反復計算を「オン」にしてしまうと、他の循環参照に気づかず作業を進めてしまう可能性があるからです。作業が進んでから循環参照が別の箇所で生じたことに気づくかもしれません、その場合、他の循環参照の原因を探すことは難しいでしょう。循環参照が1つだけなら問題ないかもしれませんが、2つ以上発生していると、どこでエラーが発生しているのか探するのが非常に難しくなります。同時に、初めてモデルを使うユーザーにとっては、何が起きているのか必ずしも明確ではありません。例えば、誰かのタイプミスで他のエラーが発生したとしても、それを修正するのに時間がかかってしまいます。

また、反復計算を行うファイルでは、Excelの動作が重くなり、処理速度が低下する可能性があります (複数のファイルを同時に開いた場合など)。

## 循環参照の解決法② – 計算方法の単純化

上記の例で言えば、例えば預金利息が財務モデル全体に与える影響が軽微であると判断できる場合 (例: 金利が低い等)、期中の平均残高に基づいて計算するのではなく、期首残高に金利を乗じることで循環参照を回避することができるかもしれません。預金利息が財務モデルを使用した経営判断に影響を与えないのであれば、循環参照を回避することは、(正確性とのトレードオフを伴いますが) 正当な戦略となり得ます。

以下の例では、簡易計算と預金平均残高を用いた計算結果の差は、59行目で0.4kポンドから1.4kポンドと示されており、モデルに大きな影響を与えない可能性があります。

		Year 1	Year 2	Year 3	Year 4
<b>Simpler calculation</b>					
<b>Control account</b>					
Cash b/f	£ 000	100	116	157	210
Cash movements	£ 000	11	35	45	23
Cash interest	£ 000	5.0	5.8	7.8	10.5
Cash c/f	£ 000	116	157	210	243
<b>Interest calculation</b>					
Rate	% p.a.	5.0%			
Interest using Average cash balance	£ 000	5.4	6.9	9.3	11.5
Difference	£ 000	(0.4)	(1.1)	(1.4)	(1.0)

### 循環参照の解決法③ – 数学的方法

もう一つの解決法は、ちょっとした数学を利用することです。例えば、預金利息の場合、以下のように計算式を構築することで、循環参照を回避することができます。

- 方程式の作成

$$\text{式1: Interest} = (\text{Cash b/f} + \text{Cash c/f})/2 * \text{Interest rate}$$

$$\text{式2: Cash c/f} = \text{Cash b/f} + \text{Interest} + \text{Cash movements}$$

- 式2を式1に代入する。

$$\text{Interest} = (2 * \text{Cash b/f} + \text{Interest} + \text{Cash movements})/2 * \text{Interest rate}$$

- 一部省略しますが、いくつかの方程式を解き、簡略化すると、以下のようになります。

$$\text{Interest} = (2 * \text{Cash b/f} + \text{Cash movements}) / (2 / \text{Interest rate} - 1)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
8	<b>Mathematical method</b>													
9														
10														
11	<b>Control account</b>										<b>Year 1</b>	<b>Year 2</b>	<b>Year 3</b>	<b>Year 4</b>
12														
13						£ 000				100	116	158	213	
14						£ 000				11	35	45	23	
15						£ 000				5.4	6.9	9.3	11.5	
16						£ 000				116	158	213	247	
17														
18	<b>Interest calculation</b>													
19														
20						% p.a.				5.0%				
21						£ 000				108	137	185	230	
22						£ 000				5.4	6.9	9.3	11.5	
23														
24										Interest amount (A)	5.4	6.9	9.3	11.5
25											=(2*J13+J14)/(2/\$G\$20-1)			

しかし、この方法は、モデルの読み手にとって必ずしも直感的ではなく、モデル作成者による慎重な説明が必要となります。また、モデル全体の複雑なリンクによって循環参照が発生している場合など、すべてのケースで有効な解決策とはならない可能性があることに注意が必要です。

### 循環参照の解決法④ – マクロの利用

もう一つの選択肢は、VBAを利用することです。以下のコードを作成し、そのマクロをボタン ('Interest circular') に組み込むことで、モデルのユーザーは、循環参照が発生している場所とその解決方法を容易に確認することができます。

以下の例では、利息はモデル内の 156 行目 (エリア A) に表示されます。利息は、163行目 (エリア B) で期首残高と期末残高の平均として計算され、165行目 (エリア C) にリンクされています。次に、マクロはエリアCの利息計算をコピーし、166行目 (エリアD) に貼り付けます。その後、利息は再び最初から再計算されます。D にペーストされた数値が C の計算結果と一致すると、マクロは動作を停止するようになっています。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
150	<b>Using Macro</b>															
151																
152	<b>Control account</b>										<b>Year 1</b>	<b>Year 2</b>	<b>Year 3</b>	<b>Year 4</b>		
153																
154						£ 000				100	116	158	213			
155						£ 000				11	35	45	23			
156						£ 000				5.4	6.9	9.3	11.5			
157						£ 000				116	158	213	247			
158																
159	<b>Interest calculation</b>															
160																
161						% p.a.				5.0%						
162						£ 000				108	137	185	230			
163						£ 000				5.4	6.9	9.3	11.5			
164						£ 000				5.4	6.9	9.3	11.5			
165						£ 000				5.4	6.9	9.3	11.5		vbCopy	
166						£ 000				5.4	6.9	9.3	11.5		vbPaste	
167						£ 000				0.0	0.0	0.0	0.0			
168																
169						£ 000				0.0001						
170						£ 000				0.0001						
171						(the macro will stop once the variance is below this tolerance)									<b>interest circular</b>	
172																
173																
174																

計算の前提条件 (金利など) やその他の数値が変更になった場合、マクロを再実行する必要があります。エラーメッセージ ('Circular reference error check') を設定しておく、ボタンを押してマクロを再実行することができます、数値を正しく保つことができます。

Circular reference example					Circular reference error check				
					Out-turn	Forecast	Forecast	Forecast	Act
Period					FY22	FY23	FY24	FY25	
Start date					1 Jan 22	1 Jan 23	1 Jan 24	1 Jan 25	1
End date					31 Dec 22	31 Dec 23	31 Dec 24	31 Dec 25	31
<b>Using Macro</b>									
<b>Control account</b>									
	Cash b/f	€ 000			100	116	158	213	
	Cash movements	€ 000			11	35	45	23	
	Cash interest	€ 000			5.4	6.9	9.3	11.5	
	Cash c/f	€ 000			116	158	213	247	
<b>Interest calculation</b>									
	Rate	% p.a.		3.0%					
	Average cash / Closing balance of cash (section 4)	€ 000			108	137	185	230	
	Interest	€ 000			3.2	4.1	5.6	6.9	
	Macro copy area	€ 000			3.2	4.1	5.6	6.9	vbCopy
	Macro paste area	€ 000			5.4	6.9	9.3	11.5	vbPaste
	Absolute variance	€ 000		13.2745	2.2	2.8	3.7	4.6	
	Tolerance	€ 000		0.0001					
	(the macro will stop once the variance is below this tolerance)				interest circular				
	Flag to end macro				ERROR				
					vbVariance				

必要なコードは、以下のとおり非常にシンプルなものです。

(General)	interestcircular
Option Explicit	
Sub interestcircular() 'Macro to resolve circular references	
Do Until Range("vbVariance") = 0 'Repeat the calculation until the variance between the paste values and copy values is zero	
Range("vbPaste").Value = Range("vbCopy").Value	
Application.Calculate	
Loop	
End Sub	

この方法の大きなメリットは、反復計算をオンにする場合と比較して、モデルに常に計算負荷をかけないこと、つまり、マクロボタンが押されたときだけモデルが動作すればよいことです。

## おわりに

財務モデルを構築する場合、循環参照をどのように扱うかを常に考えなければなりません。上述のとおり、Excelの反復計算機能を利用するのが最も簡単な対処法ですが、計算負荷が高くなり、同様のミスを見られやすくなります。マクロの利用は別の解決策を提供します。モデル内でのマクロの存在と、それを実行するためのボタンは、モデルのユーザーに対して、あなたが循環参照を含むモデルを作成していることを知らせます。何が起きているのかが明確になるだけでなく、循環参照を解消するたびにボタンを押すことで、モデルの計算負荷を軽減することができます。また、作業中に誤って次の循環参照を作成してしまっても、マクロによる解決で、通常想定される貴重な循環参照に関する警告を失うこともありません。

本稿が読者のモデル作成に役立つことを、願っております。

以上