

第四章 模式計算與分析

為了驗證本研究所提出之新產品全球運籌數量模式之效用，本研究透過範例數據進行模式計算，找出該範例之最佳解，此範例數據是以 Butler 之研究範例為基礎，不足之部分再根據其他相關文獻以及資料加以合理假設，包括國家之稅率及匯率、多個供應商及多個工廠、原物料以及供應商成員之可靠度。國家之稅率及匯率是參考中央銀行網頁所提供之統計資料以及國際貿易局經貿資訊入口網站之各國企業稅率，由於在 Butler 之研究範例中，新產品為一電子儀器，本研究根據曾祥鋒、肖漢斌(2002)之相關研究，電子儀器原物料之採購成本佔企業生產總成本的 55%，本研究透過這些參考資料，加以合理假設，以補足 Butler 範例資料不足之處。

本研究與 Butler 之新產品運籌數量模式，除了規劃範圍的增加，包括供應商、工廠、原物料以及全球營運之環境影響因素，最主要之差異為懲罰成本以及可靠度之影響，因此在此章中，本研究將範例帶入兩個模式計算：一為無懲罰成本以及可靠度影響之新產品全球運籌模式，為方便往後的說明起見，本研究稱之為 Butler 模式；另一模式為考量缺貨懲罰成本以及可靠度影響之新產品全球運籌模式，往後稱之為本研究模式。

由於產品缺貨會造成新產品在搶占市場時將錯失商機、造成銷貨損失以及服務水準低落，在此考量下決策者規劃新產品運籌配置將會避免新產品缺貨的情形，本研究透過比較此二模式運籌配置最佳解之最大利潤、缺貨量、懲罰成本以及可靠度，以驗證在避免缺貨考量下本研究模式可提供較好的規劃結果。

4.1 模式計算

本節將說明進行運算的範例數據，以及利用 Butler 模式以及本研究模式計算所得之最佳解。

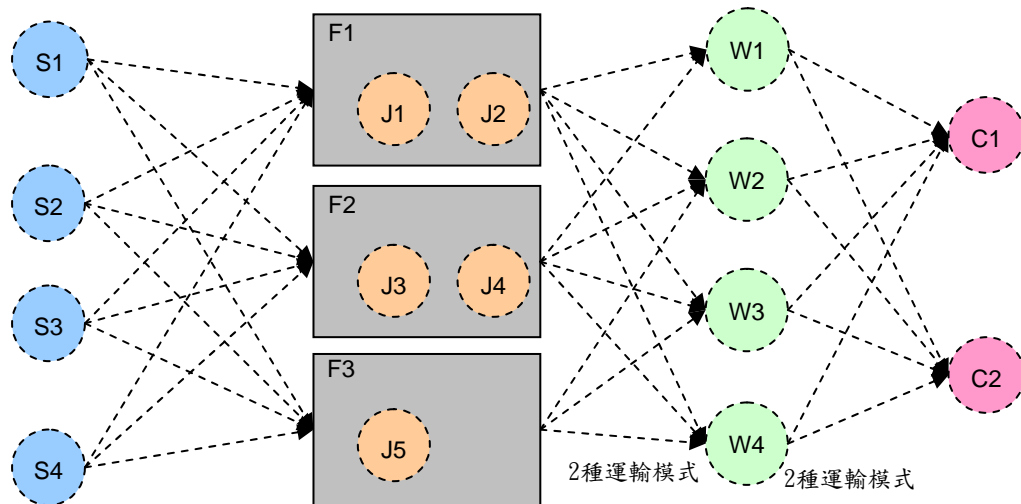


圖 4-1 本研究之範例資料

如圖 4-1 所示，本研究範例中包含 1 種新產品、3 種原物料、4 家供應商、3 個工廠、5 套機器設備、4 個倉儲中心、2 個顧客、2 種運輸模式以及 3 個國家，規劃期間包括 8 個時期，而供應鏈成員在各國家之分布如圖 4-2 所示。該範例之總公司設立在美國，因此規劃是以美元為最終淨利之單位，因為戰略決策的制定每年不會超過兩次，所以每單位期間設為六個月，在此範例中，企業決策者預估此產品由發表到成熟需要 4 年的時間，因此規劃共 8 個時期。範例中因為工廠已經存在，因此不探討工廠購入或建置之固定成本以及時機，主要以生產機器設備、倉儲中心之購入或退役時機為主，同時並決定向哪個供應商購料、使用什麼運輸模式以及在此運籌配置下的產量與利潤。

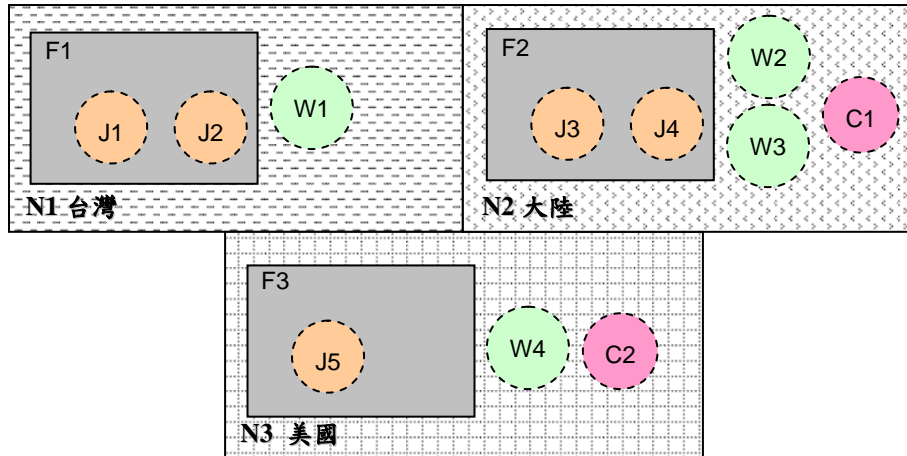


圖 4-2 本研究範例供應鏈成員之國家分布

在範例中將預測需求分為 High、Low 與 Fail 三種需求水準，High 代表需求隨時間增長之新產品大受歡迎的情況，Low 則代表需求隨時間趨於穩定之新產品表現一般之情況，而 Fail 代表需求隨時間衰退之新產品失敗的情況。由於第一期並無任何供應鏈成員建置完成，無法製造並供應新產品，因此將第一期視為新產品供應鏈的整備期，任何需求水準之預測需求在此期間皆為 0。

在此範例中，資金門檻設定為-10,000,000 美元，即企業預投入 1 千萬美元進行新產品供應鏈的建設，在此資金門檻內，新產品供應鏈必須由無到能夠自給自足，而決策者主要關心在投入這些資金後，此供應鏈最後能帶來多少利潤。

各參數預設值如表 4-1 至表 4-15 所示。

表 4-1 新產品各國之售價預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
$PRICE_{in2t}$	56,000 CNY	$PRICE_{in3t}$	7,000 USD

表 4-2 BOM 物料清單

物料	數量	供應商
r1	1	s1
r2	2	s2、s4
r3	1	s3

表 4-3 新產品之預測需求預設值

需求水準	期間							
	1	2	3	4	5	6	7	8
High	0	762	1524	2031	2709	3612	4815	7071
Low	0	211	475	1584	2376	2970	2970	2970
Fail	0	211	317	222	155	109	76	0

表 4-4 各國家對美元之匯率預設值(台灣 NTD/USD、大陸 CNY/USD)

國家	期間							
	1	2	3	4	5	6	7	8
台灣 E _{nl} t	34.125	33.396	33.456	31.469	32.888	32.253	32.814	32.974
大陸 E _{nt}	8.277	8.277	8.2766	8.2765	8.1121	8.0313	7.9156	7.7519

表 4-5 向供應商採購原物料之採購成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
S_R Pr oCost _{s1r1n1t}	23,133 NTD	S_R Pr oCost _{s1r1n2t}	5,608 CNY
S_R Pr oCost _{s1r1n3t}	701 USD	S_R Pr oCost _{s2r2n1t}	7,920 NTD
S_R Pr oCost _{s2r2n2t}	1,920 CNY	S_R Pr oCost _{s2r2n3t}	240 USD
S_R Pr oCost _{s3r3n1t}	15,345 NTD	S_R Pr oCost _{s3r3n2t}	3,720 CNY
S_R Pr oCost _{s3r3n3t}	465 USD	S_R Pr oCost _{s4r2n1t}	7,887 NTD
S_R Pr oCost _{s4r2n2t}	1,912 CNY	S_R Pr oCost _{s4r2n3t}	239 USD

表 4-6 生產設備生產單位成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
J_ManuCst _{ij1n1t}	44,253 NTD	J_ManuCst _{ij4n2t}	7,704 CNY
J_ManuCst _{ij2n1t}	44,253 NTD	J_ManuCst _{ij5n3t}	963 USD
J_ManuCst _{ij3n2t}	10,728 CNY		

表 4-7 存貨成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值	參數	預設值
F_RInvCst _{r1f1t}	1,188 NTD	F_RInvCst _{r1f2t}	272 CNY	F_RInvCst _{r1f3t}	35 USD
F_RInvCst _{r2f1t}	363 NTD	F_RInvCst _{r2f2t}	80 CNY	F_RInvCst _{r2f3t}	11 USD
F_RInvCst _{r3f1t}	825 NTD	F_RInvCst _{r3f2t}	168 CNY	F_RInvCst _{r3f3t}	22 USD
F_InvCst _{if1t}	2,970 NTD	F_InvCst _{if2t}	744 CNY	F_InvCst _{if3t}	81 USD
W_InvCst _{iw1t}	660 NTD	W_InvCst _{iw2t}	120 CNY	W_InvCst _{iw3t}	128 CNY
W_InvCst _{iw4t}	19 USD				

表 4-8 生產設備之固定成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
$J_FixCost_{j1t}$	165,000 NTD	$J_FixCost_{j4t}$	22,400 CNY
$J_FixCost_{j2t}$	95,700 NTD	$J_FixCost_{j5t}$	2,950 USD
$J_FixCost_{j3t}$	38,400 CNY	$\overline{J_FixCost_{j1t}}$	66,000,000 NTD
$\overline{J_FixCost_{j2t}}$	33,000,000 NTD	$\overline{J_FixCost_{j3t}}$	16,000,000 CNY
$\overline{J_FixCost_{j4t}}$	8,000,000 CNY	$\overline{J_FixCost_{j5t}}$	1,500,000 USD
$\overline{\overline{J_FixCost_{j1t}}}$	66,000 NTD	$\overline{\overline{J_FixCost_{j2t}}}$	66,000 NTD
$\overline{\overline{J_FixCost_{j3t}}}$	16,000 CNY	$\overline{\overline{J_FixCost_{j4t}}}$	16,000 CNY
$\overline{\overline{J_FixCost_{j5t}}}$	2,000 USD		

表 4-9 倉儲中心之單位處理成本與存貨成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
$W_ProcessCost_{w1t}$	330 NTD	$W_InvCost_{w1t}$	660 NTD
$W_ProcessCost_{w2t}$	128 CNY	$W_InvCost_{w2t}$	120 CNY
$W_ProcessCost_{w3t}$	160 CNY	$W_InvCost_{w3t}$	128 CNY
$W_ProcessCost_{w4t}$	20 USD	$W_InvCost_{w4t}$	19 USD

表 4-10 倉儲之固定成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
$W_FixCost_{w1t}$	66,000 NTD	$W_FixCost_{w2t}$	16,000 CNY
$W_FixCost_{w3t}$	16,000 CNY	$W_FixCost_{w4t}$	2,000 USD
$\overline{W_FixCost_{w1t}}$	330,000 NTD	$\overline{W_FixCost_{w2t}}$	80,000 CNY
$\overline{W_FixCost_{w3t}}$	80,000 CNY	$\overline{W_FixCost_{w4t}}$	10,000 USD
$\overline{\overline{W_FixCost_{w1t}}}$	66,000 NTD	$\overline{\overline{W_FixCost_{w2t}}}$	16,000 CNY
$\overline{\overline{W_FixCost_{w3t}}}$	16,000 CNY	$\overline{\overline{W_FixCost_{w4t}}}$	2,000 USD

表 4-11 供應商、生產設備以及倉儲中心之產能限制參數預設值

參數	預設值	參數	預設值
S_PA_{s1}	11500 units	S_PA_{s2}	10000 units
S_PA_{s3}	9500 units	S_PA_{s4}	12000 units
J_PA_{j1}	4300 units	J_PA_{j2}	1600 units
J_PA_{j3}	4700 units	J_PA_{j4}	1500 units
J_PA_{j5}	1800 units	W_PA_{w1}	3100 units
W_PA_{w2}	3200 units	W_PA_{w3}	3150 units
W_PA_{w4}	3000 units	M_PA_{m1}	10000 units
M_PA_{m2}	13000 units		

表 4-12 工廠至倉儲之運輸成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
FW_TransCost _{if1w1m1t}	19,833 NTD	FW_TransCost _{if2w3m1t}	2,736 CNY
FW_TransCost _{if1w1m2t}	13,596 NTD	FW_TransCost _{if2w3m2t}	1,512 CNY
FW_TransCost _{if1w2m1t}	15,774 NTD	FW_TransCost _{if2w4m1t}	2,048 CNY
FW_TransCost _{if1w2m2t}	13,101 NTD	FW_TransCost _{if2w4m2t}	1,216 CNY
FW_TransCost _{if1w3m1t}	14,949 NTD	FW_TransCost _{if3w1m1t}	232 USD
FW_TransCost _{if1w3m2t}	12,969 NTD	FW_TransCost _{if3w1m2t}	144 USD
FW_TransCost _{if1w4m1t}	16,434 NTD	FW_TransCost _{if3w2m1t}	335 USD
FW_TransCost _{if1w4m2t}	13,464 NTD	FW_TransCost _{if3w2m2t}	223 USD
FW_TransCost _{if2w1m1t}	3,456 CNY	FW_TransCost _{if3w3m1t}	350 USD
FW_TransCost _{if2w1m2t}	1,768 CNY	FW_TransCost _{if3w3m2t}	245 USD
FW_TransCost _{if2w2m1t}	3,656 CNY	FW_TransCost _{if3w4m1t}	295 USD
FW_TransCost _{if2w2m2t}	2,128 CNY	FW_TransCost _{if3w4m2t}	197 USD

表 4-13 倉儲至顧客之運輸成本預設值(在案例中不隨時間變動)

參數	預設值	參數	預設值
WC_TransCost _{iw1c1m1t}	957 NTD	WC_TransCost _{iw3c1m1t}	192 CNY
WC_TransCost _{iw1c1m2t}	627 NTD	WC_TransCost _{iw3c1m2t}	136 CNY
WC_TransCost _{iw1c2m1t}	858 NTD	WC_TransCost _{iw3c2m1t}	216 CNY
WC_TransCost _{iw1c2m2t}	660 NTD	WC_TransCost _{iw3c2m2t}	152 CNY
WC_TransCost _{iw2c1m1t}	224 CNY	WC_TransCost _{iw4c1m1t}	24 USD
WC_TransCost _{iw2c1m2t}	160 CNY	WC_TransCost _{iw4c1m2t}	16 USD
WC_TransCost _{iw2c2m1t}	184 CNY	WC_TransCost _{iw4c2m1t}	27 USD
WC_TransCost _{iw2c2m2t}	120 CNY	WC_TransCost _{iw4c2m2t}	19 USD

表 4-14 可靠度參數預設值

參數	預設值	參數	預設值	參數	預設值	參數	預設值
S_P _{s1}	0.99	J_P _{j1}	0.99	J_P _{j5}	0.95	W_P _{w4}	0.99
S_P _{s2}	0.99	J_P _{j2}	0.98	W_P _{w1}	0.97	M_P _{m1}	0.99
S_P _{s3}	0.98	J_P _{j3}	0.97	W_P _{w2}	0.98	M_P _{m2}	0.97
S_P _{s4}	0.99	J_P _{j4}	0.97	W_P _{w3}	0.99		

表 4-15 其他參數預設值

參數	預設值	參數	預設值
tax_{n1t}	25 %	tax_{n2t}	33 %
tax_{n3t}	40 %	α_{j1} 、 α_{j2} 、 α_{j4}	1 個規劃單位期間
α_{j3} 、 α_{j5}	2 個規劃單位期間	γ_{w1} 、 γ_{w2} 、 γ_{w3} 、 γ_{w4}	1 個規劃單位期間
β_{c1} 、 β_{c2} 、 β_{c3} 、 β_{c4}	40 %	Threshold	-10,000,000 USD
UnitPenaltyCost _{in1t}	231,000 NTD	UnitPenaltyCost _{in2t}	56,000 CNY
UnitPenaltyCost _{in3t}	7,000 USD		

本研究模式可利用各種情境考量多種不確定因素，在 Butler 研究中已有所探討，而本研究著重在規劃結果的改良，因此在範例中僅以新產品供應鏈主要不確定因素「需求」為規劃重點，但由於無法決定新產品發展的未來需求走向，於是本研究將 2 個顧客以及每個顧客都可能有三種未來需求水準 High、Low 或 Fail，把未來可能情境分為九個情境，預期發生的機率各為 11.11%，情境 O1 為新產品大受歡迎之情形，2 個顧客之需求皆隨時間成長，而情境 O9 則是代表新產品失敗之情形，2 個顧客之需求皆隨時間衰退，如表 4-16 所示。

表 4-16 九個未來情境

情境	發生機率	需求水準	
		顧客 C1	顧客 C2
情境 O1	11.11 %	High	High
情境 O2	11.11 %	High	Low
情境 O3	11.11 %	High	Fail
情境 O4	11.11 %	Low	High
情境 O5	11.11 %	Low	Low
情境 O6	11.11 %	Low	Fail
情境 O7	11.11 %	Fail	High
情境 O8	11.11 %	Fail	Low
情境 O9	11.11 %	Fail	Fail

本研究之混合整數規劃數量模式，利用 LINGO 9 軟體為求解工具，將此範例之新產品全球運籌模式程式化並將參數預設值帶入程式計算，求解原理為：先以單體法(Primal Simplex)求取線性最佳解，若線性最佳解不為整數解時，再利用分枝界限法(Branch-and-Bound)進行整數解的求解。

本研究求解之作業平台為 Microsoft Windows XP，硬體設備為 Pentium® D 3.40 GHz、3.24GB RAM，單一情境最佳解求解時間需時數秒，多情境最佳解求解時間則需 5 至 6 分鐘不等，以此範例在各模式之變數以及限制式數量如表 4-17 所示，由於本研究模式較 Butler 模式增加懲罰成本以及可靠度的影響，因此在變數以及限制式數量較 Butler 模式略多一些，結果對於求解時間並無太大影響。

本研究因無法確定新產品未來需求走向，因此將未來各種情境都納入考量，當決策者經由分析後，篩選出關鍵情境以及該情境之發生機率，將可大幅減少計算時間。

表 4-17 兩模式之變數、限制式數量以及求解時間

模式	變數數量	限制式數量	求解時間
Butler 單一情境模式	1060	612	約 15 秒
Butler 多情境穩健模式	7462	4455	約 11 分鐘
本研究單一情境模式	1076	628	約 17 秒
本研究多情境穩健模式	7606	4599	約 12 分鐘

4.2 模式計算結果

將表 4-16 之各情境預測需求代入 Butler 單一情境模式，經由 LINGO 軟體計算結果如表 4-18 所示，每一個情境皆有一個最佳解決方案，所得之解決方案包含 5 個機器設備與 4 個倉儲中心之購入時機及退役時機。經由這些配置所獲得之最大利潤 O1 至 O9 分別為 107,316,700、89,663,960、60,706,110、83,904,170、66,021,300、37,020,520、44,247,580、32,972,100 以及 4,602,628 美元。

表 4-18 Butler 單一情境模式計算結果

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
Machine1									
Machine2							P1		
Machine3	P1	P2	P2/C8	P3	P4/C8	P4/C7			
Machine4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1/C8	P1/C6
Machine5	P1	P1		P1	P1	P2/C8	P1	P1	
Warehouse1	P2	P2		P2	P2	P3/C8	P2	P2	
Warehouse2									
Warehouse3	P2	P3/C8	P3/C8	P4	P5/C8	P5			
Warehouse4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1/C7

PX = 倉儲/生產設備在 X 期購入或投入資本建置

CX = 倉儲/生產設備在 X 期退役

將單一情境模式求得之各情境最佳淨利當作多情境模式之參數， $OptimalProfit_{o1}$ 、 $OptimalProfit_{o2}$ 、 $OptimalProfit_{o3}$ 、 $OptimalProfit_{o4}$ 、 $OptimalProfit_{o5}$ 、 $OptimalProfit_{o6}$ 、 $OptimalProfit_{o7}$ 、 $OptimalProfit_{o8}$ 以及 $OptimalProfit_{o9}$ 預設值分別設為 107,316,700、89,663,960、60,706,110、83,904,170、66,021,300、37,020,520、44,247,580、32,972,100 以及 4,602,628，透過上一章介紹之穩健限制(29)、(31)控制多情境配置在各情境之最大利潤與單一情境考量之最佳利潤的偏差，由於本範例所提供的供應鏈成員較少，因此可以選擇的解決方案相對也比較少，計算結果僅僅分為三個區域，當偏差期望值容忍值 k 在「 $k \geq 0.0903$ 」、「 $0.0903 > k \geq 0.0856$ 」以及「 $0.0856 > k$ 」時，分別有不同的解決方案，如表 4-19 所示。當多情境模式

無穩健限制(31)時，其整體穩健偏差期望值為 0.0903，因此當 $k \geq 0.0903$ 時，視同無穩健限制之多情境配置，而當 $k < 0.0856$ 時，找不到任何的運籌配置，使整體穩健偏差期望值在此容忍範圍內。

$$\frac{\text{OptimalProfit}_o - \text{NetProfit}_o}{|\text{OptimalProfit}_o|} \leq \delta_o, \quad o \in O \quad (29)$$

$$\sum_{o \in O} P_o \cdot \delta_o \leq k \quad (31)$$

表 4-19 Butler 多情境模式在各穩健限制求得之多情境配置

	無穩健限制 ($k \geq 0.0903$)	穩健限制 ($0.0903 > k \geq 0.0856$)	穩健限制 ($k < 0.0856$)
穩健淨利	57,556,970 USD	56,631,110 USD	無解 (N/A)
Machine1			
Machine2			
Machine3	P2	P3	
Machine4	P1	P1	
Machine5	P1	P1	
Warehouse1	P2	P2	
Warehouse2			
Warehouse3	P3	P4	
Warehouse4	P1	P1	

PX = 倉儲/生產設備在 X 期購入或投入資本建置

CX = 倉儲/生產設備在 X 期退役

由 Butler 多情境模式求出之穩健配置，在各情境的利潤表現如表 4-20 所示，藉由算式 $(\text{OptimalProfit}_o - \text{NetProfit}_o) / |\text{OptimalProfit}_o|$ 算出穩健配置在各情境的利潤穩健偏差值，如表 4-21 所示，並將各情境的利潤穩健偏差製成長條圖，顯示穩健偏差在情境 O9 新產品失敗的情形偏差值最大，高達 68.55%，經過穩健限制控制偏差的幅度，可減少新產品在失敗的情況下利潤偏差的幅度至 56.75%，相對地，將會損失情境 O1 新產品受歡迎的情況下利潤的表現，如圖 4-3 所示。

表 4-20 Butler 多情境模式多情境配置在各情境之淨利

	無穩健限制 ($k \geq 0.0903$)	穩健限制 ($0.0903 > k \geq 0.0856$)	穩健限制 ($k < 0.0856$)
穩健淨利	57,556,970 USD	56,631,110 USD	無解 (N/A)
情境 O1	107,070,880	97,705,778	
情境 O2	89,663,955	89,535,718	
情境 O3	60,281,687	60,223,865	
情境 O4	83,737,694	83,904,169	
情境 O5	65,649,461	65,908,859	
情境 O6	36,174,214	36,489,164	
情境 O7	43,042,647	42,971,321	
情境 O8	30,996,684	31,001,308	
情境 O9	1,447,352	1,990,760	

表 4-21 Butler 多情境模式多情境配置在各情境之穩健偏差

情境	無穩健限制 ($k \geq 0.0903$)	穩健限制 ($0.0903 > k \geq 0.0856$)	穩健限制 ($k < 0.0856$)
情境 O1	0.2291 %	8.9557 %	無解 (N/A)
情境 O2	0 %	0.143 %	
情境 O3	0.6991 %	0.7944 %	
情境 O4	0.1984 %	0 %	
情境 O5	0.5632 %	0.1703 %	
情境 O6	2.286 %	1.4353 %	
情境 O7	2.7232 %	2.8844 %	
情境 O8	5.9912 %	5.9771 %	
情境 O9	68.5538 %	56.7473 %	

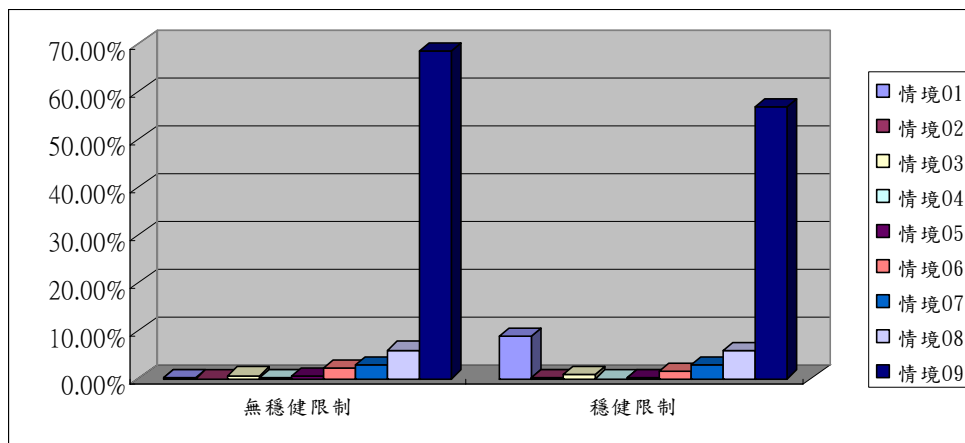


圖 4-3 Butler 多情境模式多情境配置在各情境下之穩健偏差

對淨利期望值而言，無穩健限制之多情境模式所求得之運籌配置會有最好的利潤表現，但面對新產品失敗此種極端情形，決策者亦希望其運籌配置在新產品失敗的情況下，利潤表現亦能在一定的容忍範圍內。

一般而言追求高利潤往往也將會面臨高風險，本研究利用限制穩健偏差值 k ，當 k 越小則代表所求出之運籌配置在各情境之表現，雖然無法都獲得最好的利潤結果，但整體而言都在一容忍範圍內，相對地，將會損失在新產品大受歡迎之情況的利潤表現，決策者可以根據自己的偏好、對風險的容忍程度以及決策風格，決定採用哪種運籌配置解決方案。

本研究為了考量實際供應鏈運作，供應鏈成員之產出受可靠度之影響，供應鏈在運作時勢必將有所損失，另外，在供應鏈無法滿足顧客需求時，本模式給予缺貨懲罰，計算各單一情境所得之運籌配置如表 4-22 所示。經由這些配置所獲得之最大利潤 O1 至 O9 分別為 92,847,240、81,518,890、55,042,450、75,481,080、59,861,920、33,752,410、37,296,750、28,926,640 以及 4,184,485 美元。

表 4-22 本研究單一情境模式計算結果

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
Machine1									
Machine2	P1						P1		
Machine3	P1	P2	P2/C8	P2	P3/C8	P4/C8			
Machine4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1/C7
Machine5	P1	P1		P1	P1	P2/C8	P1	P1/C8	
Warehouse1	P1	P2	P4	P2	P2	P3	P2	P2	
Warehouse2									
Warehouse3	P2	P3	P3/C8	P4	P4/C7				
Warehouse4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1/C8	P1/C7

PX = 倉儲/生產設備在 X 期購入或投入資本建置

CX = 倉儲/生產設備在 X 期退役

將單一情境模式所求之各情境最佳淨利當作多情境模式之輸入參數，OptimalProfit_{o1} 至 OptimalProfit_{o9} 預設值分別為 92,847,240、81,518,890、55,042,450、75,481,080、59,861,920、33,752,410、37,296,750、28,926,640 以及 4,184,485，透

過本研究之穩健最佳化模式求得考量多情境之穩健配置如表 4-23 所示，計算結果亦分為三個區域，分別當「 $k \geq 0.1083$ 」、「 $0.1083 > k \geq 0.0986$ 」以及「 $0.0986 > k$ 」有不同的解決方案，穩健配置在各情境之淨利表現如表 4-24 所示，計算出之穩健偏差如表 4-25 所示，將穩健偏差製成長條圖(圖 4-4)，經由穩健限制限制偏差期望值容忍值，情境 O9 之穩健偏差縮小，而情境 O1、O2 以及 O4 之穩健偏差亦隨之增加。

表 4-23 本研究多情境模式在各穩健限制求得之多情境配置

	無穩健限制 ($k \geq 0.1083$)	穩健限制 ($0.1083 > k \geq 0.0986$)	穩健限制 ($0.0986 > k$)
穩健淨利	50,876,010 USD	49,160,850 USD	無解 (N/A)
Machine1			
Machine2			
Machine3	P1	P1	
Machine4	P1	P1	
Machine5	P1	P3	
Warehouse1	P2	P4	
Warehouse2			
Warehouse3	P2	P5	
Warehouse4	P1	P1	

PX = 倉儲/生產設備在 X 期購入或投入資本建置

CX = 倉儲/生產設備在 X 期退役

表 4-24 本研究多情境模式多情境配置在各情境之淨利

	無穩健限制 ($k \geq 0.1083$)	穩健限制 ($0.1083 > k \geq 0.0986$)	穩健限制 ($0.0986 > k$)
穩健淨利	50,876,010 USD	48,880,195 USD	無解 (N/A)
情境 O1	92,266,204 USD	81,347,274 USD	
情境 O2	80,867,564 USD	78,301,421 USD	
情境 O3	54,438,699 USD	54,445,515 USD	
情境 O4	75,235,132 USD	70,652,782 USD	
情境 O5	59,358,207 USD	57,509,766 USD	
情境 O6	32,821,034 USD	32,944,006 USD	
情境 O7	35,374,328 USD	35,352,545 USD	
情境 O8	26,648,040 USD	27,164,284 USD	
情境 O9	920,700 USD	2,204,165 USD	

表 4-25 本研究多情境模式多情境配置在各情境之穩健偏差

情境	無穩健限制 ($k \geq 0.1083$)	穩健限制 ($0.1083 > k \geq 0.0986$)	穩健限制 ($0.0986 > k$)
情境 O1	0.6258 %	12.3859%	無解 (N/A)
情境 O2	0.799 %	3.9469%	
情境 O3	1.0969 %	1.0845%	
情境 O4	0.3258 %	6.3967%	
情境 O5	0.8415 %	3.9293%	
情境 O6	2.7594 %	2.3951%	
情境 O7	5.1544 %	5.2128%	
情境 O8	7.8772 %	6.0925%	
情境 O9	77.9973 %	47.3253%	

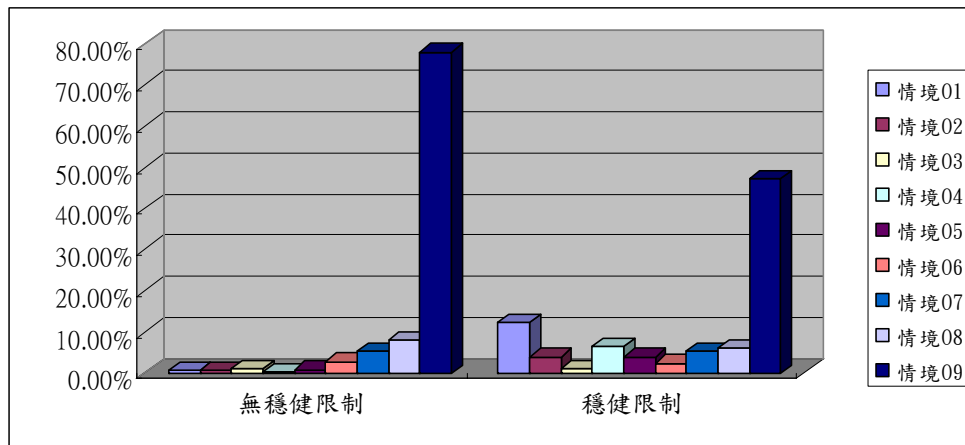


圖 4-4 本研究多情境配置在各情境下之穩健偏差

面對新產品大受歡迎以及新產品失敗這兩個極端情形，在新產品大受歡迎利潤表現良好之運籌配置，該配置在新產品失敗之情形將因為使用過多之供應鏈成員而投入過多成本，因此犧牲在新產品失敗情形的利潤表現，有時甚至損失慘重；相反地，在新產品失敗利潤表現良好之運籌配置，該配置在新產品大受歡迎之情形將因為使用較少之供應鏈成員而無法滿足顧客需求，而犧牲在新產品成功情形的利潤表現。本研究透過穩健最佳化模式，藉由給定穩健偏差期望值容忍限制，可以在新產品大受歡迎以及新產品失敗這兩個極端情形找到一個平衡點。

4.3 模式計算結果比較與分析

藉由將上一節所求出之 Butler 多情境穩健配置，包含無穩健限制運籌配置 ($k \geq 0.0903$) 以及穩健限制 ($0.0903 > k \geq 0.0856$) 運籌配置，在缺貨懲罰成本與供應鏈成員可靠度影響的情形下，計算其淨利期望值、未滿足需求量總合以及所承擔之懲罰成本，再與本研究之多情境穩健配置之淨利期望值、未滿足需求量總合以及所承擔之懲罰成本比較，可以明顯看出兩模式之差異，本研究之多情境穩健配置包含無穩健限制 ($k \geq 0.1083$) 運籌配置以及穩健偏差限制 ($0.1083 > k \geq 0.0986$) 運籌配置，如表 4-26、4-27 所示。

表 4-26 兩模式無穩健限制求得配置之比較

	多情境淨利期望值	各情境未滿足需求量總合	懲罰成本期望值
本研究模式運籌配置	50,876,010 USD	126	98,359 USD
Butler 模式運籌配置	48,741,950 USD	4054	3,165,351 USD

表 4-27 兩模式含穩健偏差限制求得配置之比較

	多情境淨利期望值	各情境未滿足需求量總合	懲罰成本期望值
本研究模式運籌配置	48,880,195 USD	454	1,945,773 USD
Butler 模式運籌配置	44,669,400 USD	10131	7,944,050 USD

Butler 模式所求得之運籌配置，在受到供應鏈可靠度以及缺貨所造成之懲罰成本之影響後，無穩健限制以及穩健偏差限制求得配置所獲得之多情境淨利期望值分別為 48,741,950 與 44,669,400 美元，而未滿足之需求量總合則高達 4054 以及 10131 個單位，因未滿足之需求量所造成之懲罰成本為 3,165,351 與 7,944,050 美元，相較於本研究模式所求得之運籌配置，所獲得之多情境淨利期望值分別為 50,876,010 與 48,880,195 美元，未滿足需求各為 126 與 454 個單位，因未滿足之需求量所造成之懲罰成本為 98,359 與 1,945,773 美元，由比較得知，本研究加入可靠度以及懲罰成本影響，規劃所求得之運籌配置，將可減少未來新產品缺貨以及懲罰成本發生的情形。

在整體可靠度方面，本研究根據文獻探討，整體全球運籌系統之可靠度定義為在某個期間內或某個環境底下沒有錯誤或失敗來影響全球運籌系統的績效的機率，透過可靠度算式(59)可計算各期配置之整體可靠度值。以各供應鏈元件是否被使用或運作為該元件可靠度之指數，若未使用該元件，則其可靠度的 0 次方的值為 1，對整體可靠度乘上 1 並不會影響其值；反之，若使用該元件，則其可靠度的 1 次方的值為該元件之可靠度，再乘上整體可靠度，因此整體可靠度受該元件可靠度所影響，如所示。

$$\text{整體可靠度} = \prod_{s \in S} \prod_{j \in J} \prod_{w \in W} \prod_{m \in M} S_P_s^{S-Y_{st}} \cdot J_P_j^{J-Y_{jt}} \cdot W_P_w^{W-Y_{wt}} \cdot M_P_m^{M-Y_{mt}}, \quad t \in T \quad (59)$$

將本研究以及 Butler 多情境模式無穩健限制以及穩健偏差限制所求得配置，利用算式(59)之計算求出各時期配置之整體可靠度，再由其中計算出該配置之整體可靠度平均以及最小值，如表 4-28、4-29 所示，Butler 模式所求出之配置整體可靠度平均分別為 0.807201 以及 0.821722，而可靠度最小值為 0.776223 以及 0.776223；本研究模式所求出之配置整體可靠度平均分別為 0.819175 以及 0.848069，而可靠度最小值為 0.784063 以及 0.799893。

表 4-28 兩模式無穩健限制之多情境配置可靠度比較

時期	Butler 模式 (無穩健限制)	本研究模式 (無穩健限制)
1	0.950893	0.95089302
2	0.816733	0.86803332
3	0.800230	0.784063
4	0.776223	0.784063
5	0.776223	0.784063
6	0.776223	0.784063
7	0.776223	0.784063
8	0.776223	0.784063
平均	0.807201	0.819175
最小值	0.776223	0.784063

表 4-29 兩模式含穩健限制之多情境配置可靠度比較

時期	Butler 模式 (穩健偏差限制)	本研究模式 (穩健偏差限制)
1	0.950893	0.950893
2	0.868033	0.903919
3	0.824979	0.876801
4	0.824979	0.876801
5	0.776223	0.824632
6	0.776223	0.799893
7	0.776223	0.799893
8	0.776223	0.799893
平均	0.821722	0.848069
最小值	0.776223	0.799893

本研究藉由可靠度計算發現運籌成員的增加，整體可靠度亦隨之減少，亦即所使用越多的運籌成員，反而會增加供應鏈運作發生問題之可能性。將兩模式求得配置在每一時期之可靠度製圖比較，如圖 4-5、4-6 所示，可靠度皆因為運籌成員增加而隨著時間減少，在最大多情境淨利期望值的目標下，本研究模式所求得之多期運籌配置不但有較高的多情境淨利期望值、較低缺貨可能性，而且在可靠度方面，整體可靠度均高於 Butler 模式所求得之配置。

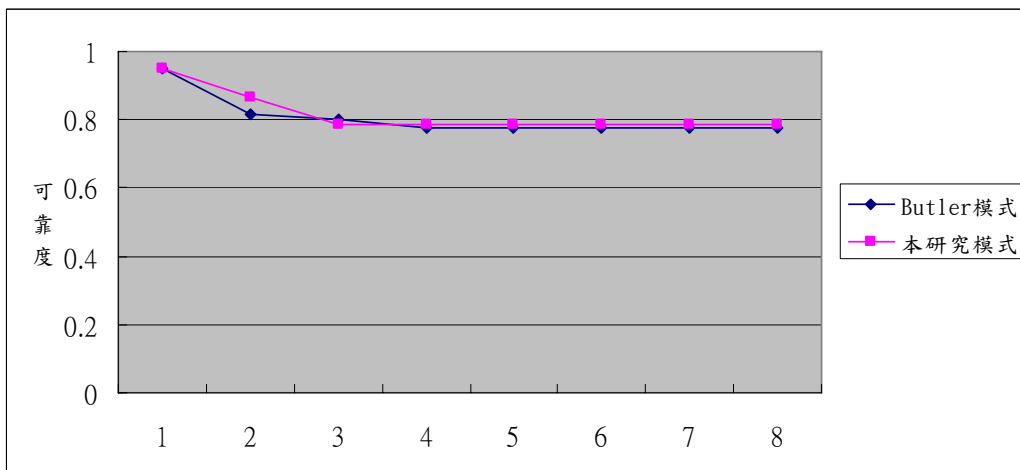


圖 4-5 無穩健限制多情境配置在規劃期間內的各期可靠度比較

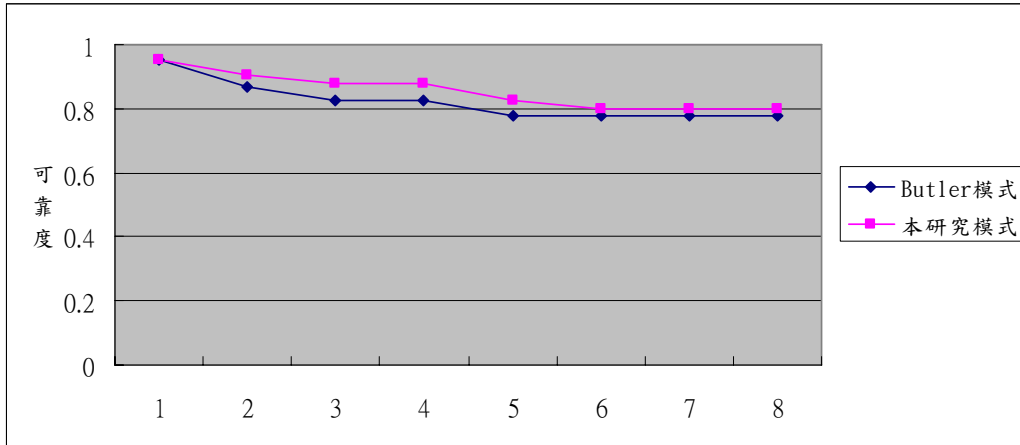


圖 4-6 最小穩健偏差限制多情境配置在規劃期間內的各期可靠度比較

透過比較多情境配置在規劃期間內的平均可靠度以及最低可靠度，如圖 4-7、4-8 所示，不難發現本研究模式所規劃出之運籌配置，較原 Butler 模式運籌解決方案之整體可靠度有所提升。

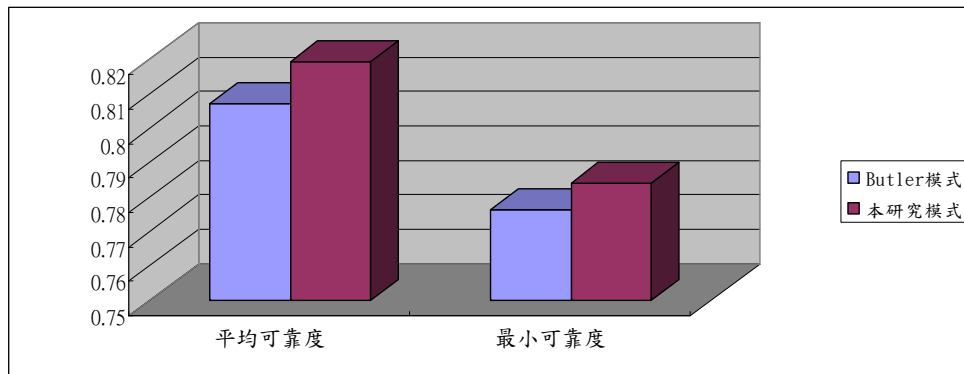


圖 4-7 兩模式無穩健限制之多情境配置在規劃期間內的可靠度比較

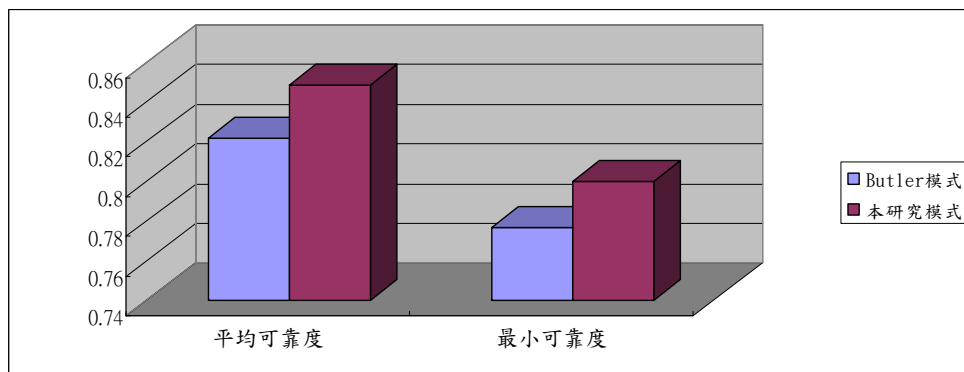


圖 4-8 兩模式含穩健限制之多情境配置在規劃期間內的可靠度比較