FCU ePaper

逢甲大學學生報告 ePaper

等候線理論改善日船章魚小丸子之改善報告

Improved report of using queuing theory to improve Takoyaki

作者：周吟憶、王思婷、李春儀、林宜潔

系級：工業工程與系統管理學系三年級乙班

學號：D0029659、D0070553、D0041350、D0070672

開課老師：林暘桂 老師

課程名稱：作業研究(二)

開課系所：工業工程與系統管理學系

開課學年：一百零二學年度第二學期

摘要

逢甲是台灣著名的商圈，吸引了大量遊客前來朝聖，創造出無限商機。我們可以發現到人氣商店外總是排滿了長長的隊伍，使顧客等待時間變得漫長，店家也常常有供不應求的情形。藉由這一次等候線理論的研究，我們將以日船章魚小丸子作為研究的對象，利用作業研究這門課所學的理論加以應用，期望幫助店家舒緩排隊的人潮。

這次的研究中，我們將收集到的原始資料整理後，計算出顧客到達間隔時間(λ)和服務時間(μ)，再運用 ExpetFit 軟體將整理後的資料統計出顧客到達時間(λ)和服務時間(μ)的分配。原數據整理後，近似 M/M/S 模型，因此我們以 M/M/S 模型來模擬日船章魚小丸子的點餐服務人員和顧客點餐情形，並且計算出 Lq、Wq、L、W。最後將我們提出的改善方法再利用 M/M/S 模型計算出新的 Lq、Wq、L、W，比較改善前後的差異。

關鍵字：等候線理論

Abstract

Taiwan's Feng Chia is a famous shopping district, attracted a large number of visitors come to the pilgrimage while creating unlimited business opportunities. We can find that the popular store outside always ranks full long a little of queue, and lead to the customer's waiting time becoming so long , so the situation usually has the supply falls short of demand in the store. By this time the study of queuing theory, we will be Takoyaki as the object of study, and applied queuing theory learned in the operations research classroom to help relieve queuing crowds.

In this study, we sorting the collected raw data, calculate the customer inter-arrival times (λ) and service time (μ), and then use ExpetFit software to determine the distribution of the data statistics of customer arrival time (λ) and service time (μ).After sorting the original data, the data is approximately M / M / S model, so we use the M / M / S model to simulate service personnel and customers ordering situations, and calculates Lq, Wq, L, W. Finally, using again the M / M / S model to calculate the new Lq, Wq, L, W, in our improve ways, compare with the difference before and after improvement.

Keyword：Queuing Theory

目錄

壹、緒論 **5**
一、研究目的 5
二、研究流程 5
三、研究方法 6
貳、文獻探討 **7**
一、等候線理論 7
二、名詞解釋 8
參、個案研究 **9**
一、研究對象 9
1、地理位置 9
2、Layout 圖 9
3、目前流程 10
二、數據收集與分析 11
1、數據收集 11
2、資料分析 12
三、Model 分析 15
1、QTS 分析 15
2、Simulation 分析 16
四、改善方案 18
1、多開烤盤 18
2、雇用假日計時工讀 20
3、雇用假日計時工讀並多開烤盤 21
五、利益分析 22
1、以設備利用率與顧客平均等候時間考量 22
2、以成本考量 22
肆、結論 **24**
伍、參考文獻 **24**
陸、附錄 **25**
附件 1：店家同意書 25
附件 2：原始數據 26
附件 3：整理後數據 28
附件 4：QTS 分析之結果 30
附件 5：QTS 分析之結果 32
附件 6：照片 33

圖表目錄

圖目錄

圖 1、研究流程圖 5
圖 2、基本等候過程 7
圖 3、店家招牌 9
圖 4、店面外觀 9
圖 5、位置地圖 9
圖 6、店內布置圖 10
圖 7、顧客來店購買商品流程圖 10
圖 8、數據收集流程圖 11
圖 9、顧客到達間隔時間與指數分配相關的圖 13
圖 10、服務時間與指數分配相關的分配圖 14
圖 11、利用 Promodel 軟體進行模擬相關位置圖 16
圖 12、原本狀況圖示 18
圖 13、多開烤盤圖示 18
圖 14：雇用假日計時工讀圖示 20
圖 15：雇用假日工讀並多開烤盤示意圖 21

表目錄

表 1、顧客到達間隔時間統計表，單位：秒 12
表 2、顧客到達間隔時間適合的分配表 12
表 3、服務時間統計表，單位：秒 13
表 4、服務時間適合的分配表 14
表 5、整理表 15
表 6、M/M/5 原本狀況 15
表 7、Process 表 16
表 8、Arrivals 表 16
表 9、執行後結果表 17
表 10、Entity Activity 執行結果圖 17
表 11、模擬結果整理表 17
表 12、多開烤盤的 QTS 分析整理表 19
表 13、雇用假日計時工讀的 QTS 分析整理表 20
表 14、方案三的 QTS 分析整理表 21

壹、 緒論

一、 研究目的

逢甲夜市是美食聚集地，每到假日往往有大量遊客前來朝聖，日船章魚小丸子也是人氣美食之一。每當經過日船章魚小丸子時，常常發現店門口排滿了長長的人龍。因此我們利用作業研究的等候線理論，進行研究探討，有助於店家改善等候問題。

二、 研究流程

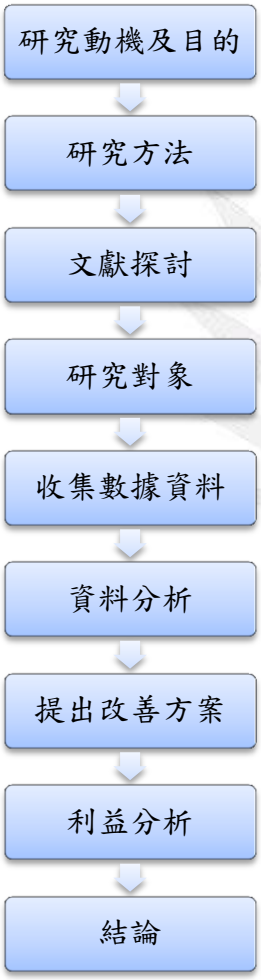

圖 1、研究流程圖

三、研究方法

我們將利用等候線理論，分析探討顧客排隊的情況。首先要到服務店家去收集顧客的到達時間、服務時間以及離開時間(即為原始數據請看附件 2)。再整理成顧客到達間隔時間(單位：秒)與服務時間(單位：秒)，以利之後做資料分析。

將整理後的數據資料(附件 3)先利用 ExpertFit 軟體分別對顧客到達間隔時間與服務時間做分析，並辨斷各為何種分配，確認此等候系統為何種 Model 後，再利用 QTS 軟體做最後分析，算出此等候系統的顧客平均等候時間，等候人數以及在等候線上的等候時間跟人數、設備利用率，並以減少顧客等候時間(即加快服務時間)為目的做改善。

貳、 文獻探討

一、 等候線理論

等候線理論(Queueing theory)是針對各種不同的等候情況，使用等候模式(Queueing model)來呈現最合乎實際的等候狀態。每種 Model 的公式指出相對應的等候系統將如何進行，包括以下特性：沒有顧客在系統的機率，等候線上平均等候人數、系統內平均等候人數、系統內平均等候時間以及等候線上平均等候時間，若有以上資訊，就能在服務水準與服務成本之間作最佳的安排。這些等候 Model 對決定如何有效率地運作一個等候系統是非常有幫助的。提供過多的服務會造成過高的成本，但是沒有足夠的服務會導致等待時間過長顧客失去耐心離開等候線，或顧客看到等候長度過長不願等候而直接離開。

下圖為基本等候過程：

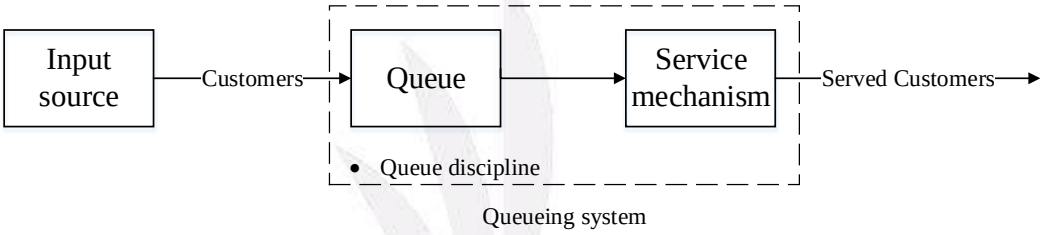

圖 2、基本等候過程

本研究會用到的等候線型態為 M/M/S，假設所有到達間隔時間都是獨立並且皆為指數分配（也就是輸入過程為 Poisson），所有的服務時間為獨立且皆為指數分配，服務員的數目為 S(任意整數)。

二、 名詞解釋

等候線理論只討論系統在穩定狀態（steady-state condition）下的情況，即在滿足$\lambda < S*\mu \rightarrow \rho = \lambda/_{S*\mu} < 1$ 的情況下，M/M/S 等候模式的系統狀態。下列是假設 M/M/S 系統在穩定狀態時的公式與名詞解釋：

$\lambda_n = \lambda$ for n ＝ 0、1、2.....=單位時間內顧客到達的人數

$$\mu_n = \begin{cases} n*\mu \ for \ n = 1、2.....S & ；顧客<\text{Server} \\ S*\mu \ for \ n = S、S+1..... & ；顧客>\text{Server} \end{cases}$$

=單位時內的服務人數

$\rho = \lambda/_{S*\mu}$ =服務人員的忙碌程度

$$C_n \begin{cases} \dfrac{(\lambda/_\mu)^n}{n!} \ for \ n=1、2 \ldots\ldots S \ ；1 \le 顧客 < Server \\ \dfrac{(\lambda/_\mu)^S}{S!}\left(\dfrac{\lambda}{S*\mu}\right)^{n-s} = \dfrac{(\lambda/_\mu)^n}{S!S^{n-s}} \ for \ n = S、S+1..... ；Server < 顧客 \end{cases}$$

$P_0 = 1/\left[\sum_{n=0}^{S-1}\dfrac{(\lambda/_\mu)^n}{n!} + \dfrac{(\lambda/_\mu)^S}{S!}\dfrac{1}{1-\lambda/_{(S*\mu)}}\right]$ =等候系統中有 0 個顧客的機率

$$P_n = C_n P_0 = \begin{cases} \dfrac{(\lambda/_\mu)^n}{n!}P_0 & if \ 0 \le n < S \\ \dfrac{(\lambda/_\mu)^n}{S!S^{n-S}}P_0 & if \ n \ge S \end{cases}$$

P_n=剛好有 n 個顧客在此系統的機率

$L_q = \sum_{n=S}^{\infty}(n-S)P_n = \dfrac{P_0(\lambda/_\mu)^S}{S!(1-\rho)^2}$ =等候線上的等候長度(不含正被服務)

$W_q = \dfrac{L_q}{\lambda}$ =等候線上的顧客平均等候時間(不含正被服務)

$W = W_q + \dfrac{1}{\mu}$ =系統中顧客平均等候時間(服務時間+排隊時間)

$L = L_q + \dfrac{\lambda}{\mu}$ =系統中的期望顧客數

$P\{W_q = 0\} = \sum_{n=0}^{S-1}P_n$ =等待時間等於 0 的機率

$P\{W_q > t\} = (1 - P\{W_q = 0\})e^{-S*\mu(1-\rho)t}$ =等待時間大於 t 的機率

參、 個案研究

一、 研究對象

圖 3、店家招牌

圖 4、店面外觀

店名：日船章魚燒小丸子
電話：04-23553899、0980-184-388
營業時間：15：00 ~ 01：00

1. 地理位置

圖 5、位置地圖

地址：台中市西屯區文華路 13 號

2. Layout 圖

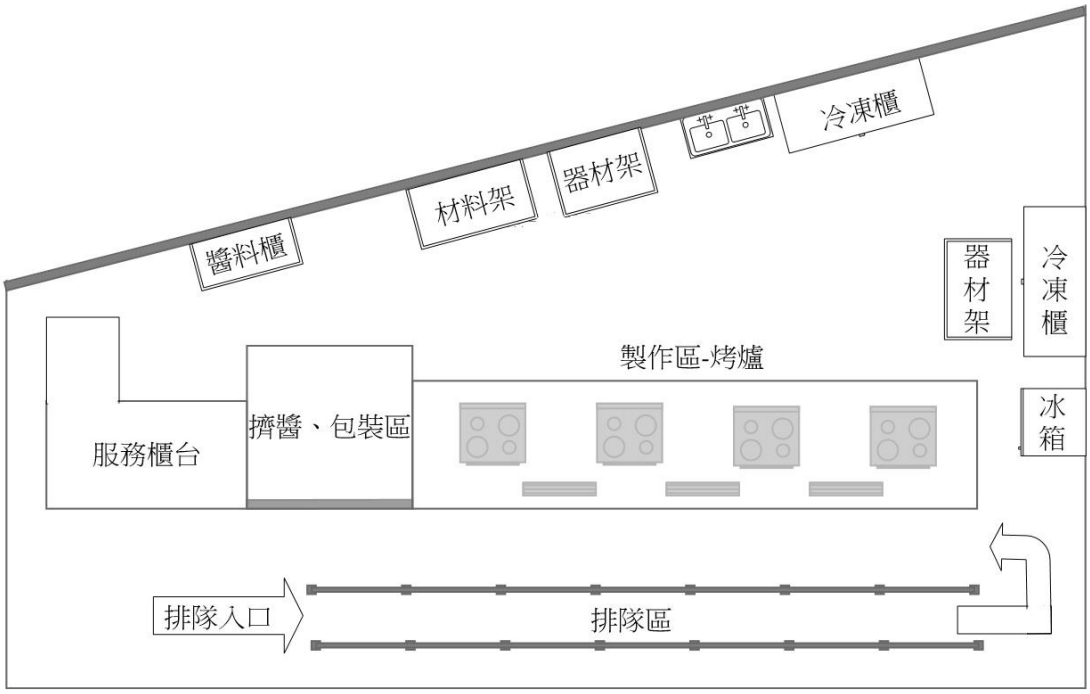

圖 6、店內布置圖

3. 目前流程

圖 7、顧客來店購買商品流程圖

二、 數據收集與分析

本研究實際到研究店家(日船章魚小丸子)進行數據收集。我們收集並記錄顧客到達時間、服務時間，顧客離開時間。整理數據後，利用 ExpertFit 軟體分別對顧客到達間隔時間與服務時間做資料分析，判斷各為何種分配，並確認此店家的等候系統為何種 Model。

1. 數據收集

本研究所採用的記錄方式是一人站在入口處，在顧客進入系統時按下碼錶並記錄當下時間，另一人站在店內記錄開始清理烤盤(一大盤)並製作小丸子到裝盒送至櫃檯的時間(為服務時間一)，另有一人站在點餐櫃台記錄顧客點餐到拿到餐點的時間(為服務時間二)，將服務時間一，即烤一大盤的時間(約 18 盒)平均分攤到每一盒小丸子上，再將每盒的服務時間加上服務時間二，就是我們的服務時間數據，最後另有一人在出口處記錄，顧客從拿到餐點並結帳離開的時間。下圖為數據收集流程圖。

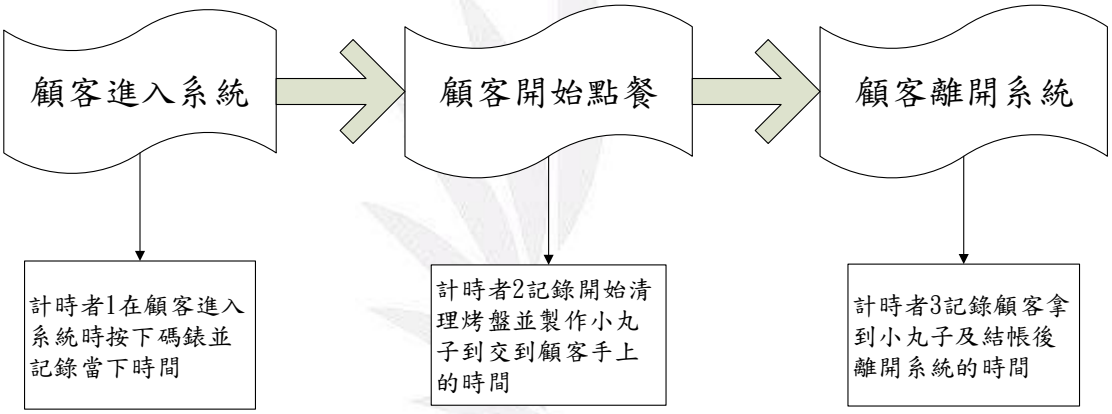

圖 8、數據收集流程圖

2. 資料分析

將原始資料整理後運用 ExpertFit 軟體統計出顧客到達間隔時間(λ)和服務時間(μ)的 Mean(如表 1 跟表 3)。並分別統計出各自適合的分配(如表 2 跟表 4)：

Data Characteristic	Value
Source file	顧客到達間隔時間
Observation type	Real valued
Number of observations	64
Minimum observation	1.50000
Maximum observation	101.60000
Mean	18.85156
Median	12.65000
Variance	374.99682
Coefficient of variation	1.02723
Skewness	1.97382

表 1、顧客到達間隔時間統計表，單位：秒

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Weibull	78.13	Location	0.00000
		Scale	19.26318
		Shape	1.05186
2 - Gamma	75.00	Location	0.00000
		Scale	16.41598
		Shape	1.14837
3 - Exponential	71.88	Location	0.00000
		Scale	18.85156

9 models are defined with scores between 0.00 and 78.13

Absolute Evaluation of Model 1 - Weibull

Evaluation: Good
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.

Additional Information about Model 1 - Weibull

"Error" in the model mean
relative to the sample mean -0.02920 = 0.15%

表 2、顧客到達間隔時間適合的分配表

就顧客到達間隔時間(λ)而言軟體統計出來適合的分配有 Weibull、Gamma、Exponential 三種分配，本研究採用指數（Exponential）分配。顧客到達間隔時間(λ)與指數分配相關的分配圖如下：

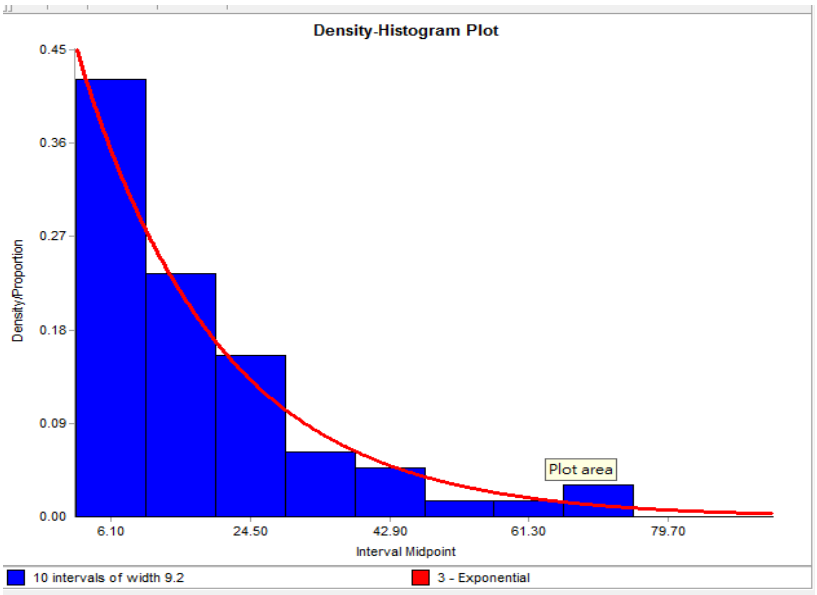

圖 9、顧客到達間隔時間與指數分配相關的圖

經軟體得到的服務時間(μ)如下：

Data Characteristic	Value
Source file	服務時間
Observation type	Real valued
Number of observations	60
Minimum observation	39.27000
Maximum observation	147.97000
Mean	58.92167
Median	51.92000
Variance	495.79034
Coefficient of variation	0.37790
Skewness	2.54911

表 3、服務時間統計表，單位：秒

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Gamma(E)	88.89	Location	39.23180
		Scale	15.87106
		Shape	1.24061
2 - Log-Logistic	83.33	Location	0.00000
		Scale	53.58435
		Shape	7.56466
3 - Lognormal(E)	80.56	Location	39.23180
		Scale	12.50024
		Shape	1.10340

10 models are defined with scores between 2.78 and 88.89

Absolute Evaluation of Model 1 - Gamma(E)

Evaluation: Borderline
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab are strongly recommended.

Additional Information about Model 1 - Gamma(E)

"Error" in the model mean
relative to the sample mean 0

表 4、服務時間適合的分配表

就服務時間(μ)而言軟體統計出來適合的分配有 Gamma 、Log-Logistic、Logonormal 三種分配。但因為分配圖跑出來我們認為比較像指數分配，所以我們還是使用指數分配，服務時間(μ)與指數分配相關的分配圖如下：

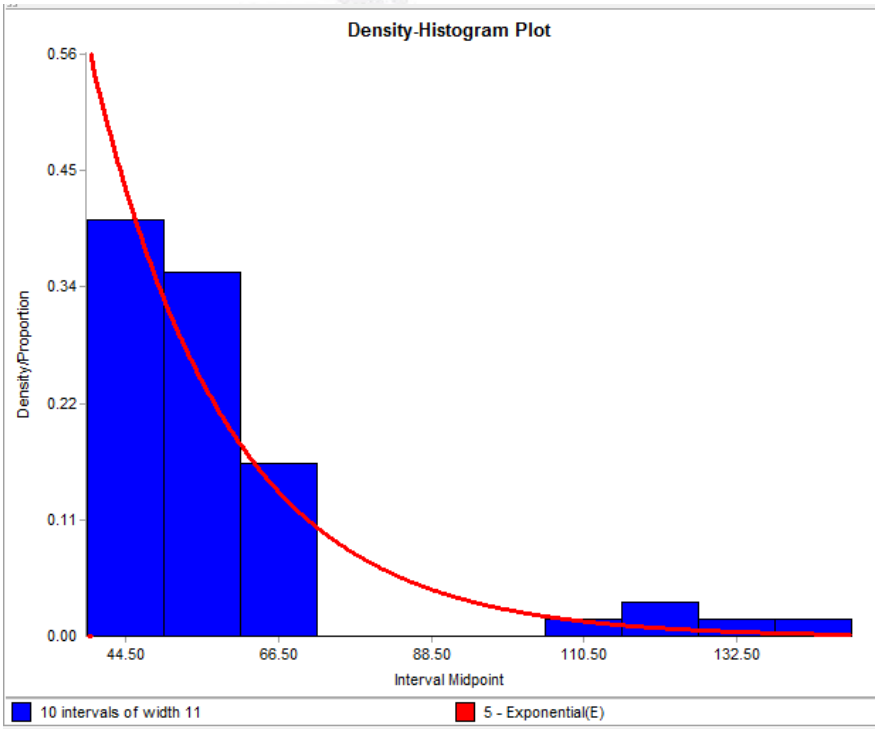

圖 10、服務時間與指數分配相關的分配圖

在上述的分配整理後，就等候線理論(Queueing Theory)的型態而言，本研究是屬於 M/M/S 型態。

三、 Model 分析

1. QTS 分析

在前面分配分析完之後得知原始數據的型態為 M/M/3，第一個 M 表示顧客到達間隔時間呈指數分配，第二個 M 代表服務時間呈指數分配，第三個 3 是開三個烤盤，而下表是整理後的結果：

λ	3.18
λeff	2.94
μ	1.018
1 / μ	0.982

λeff：有效期望單位時間顧客到達數
balk%=(突然離開的顧客/進入系統的總顧數)%
(λeff)=λ*(1-balk%)

表 5、整理表

下表是我們利用 QTS 軟體進行 M/M/5 分析所整理的結果，詳細分析如附錄

原本狀況	
設備利用率(ρ)	96.24%
在此系統的平均顧客數(L)	26.7
在等候線上的平均顧客數(Lq)	23.8
顧客在系統的平均等候時間(W)	9.08
顧客在等候線的平均時間(Wq)	8.09

表 6、M/M/5 原本狀況

2. Simulation 分析

我們利用模擬學教的 ProModel 軟體模擬本次研究的等候系統：

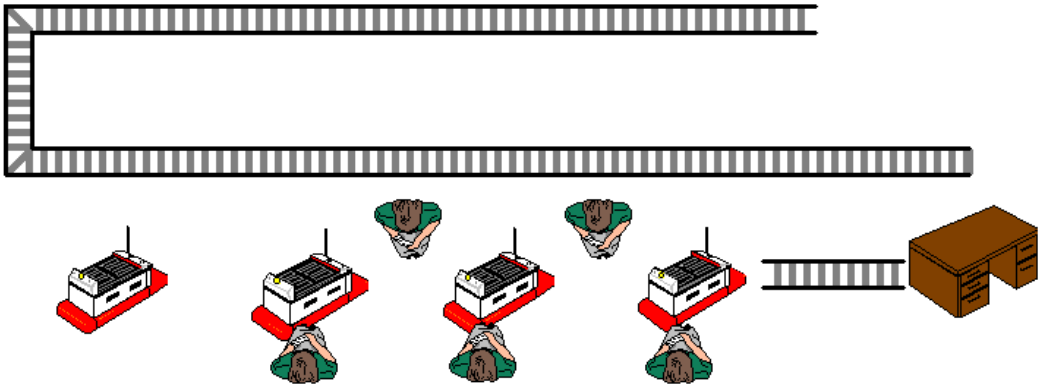

圖 11、利用 Promodel 軟體進行模擬相關位置圖

烤一盤章魚小丸子約 11±2 分，如下表：

Process

Entity...	Location...	Operation...
顧客	等候線	
章魚小丸子	烤盤	wait u(11,2)
章魚小丸子	裝盒人員	combine 6
裝盒章魚燒	餐點運送帶	
裝盒章魚燒	點餐櫃台	join 1 顧客

Routing for 顧客 @ 等候線

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	顧客	點餐櫃台	JOIN 1	

表 7、Process 表

顧客到達間隔時間設定為指數分配 E(1,17.9)，如下表：

Arrivals

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency
顧客	等候線	1	0	INF	E(1,17.9) sec
裝盒章魚燒	點餐櫃台	300	0	INF	1
章魚小丸子	裝盒人員	6	0	INF	E(39,19.9) sec

表 8、Arrivals 表

執行後的結果，如下表：

Report for 小丸子

General | Locations | Location States Multi | Location States Single/Tank | Resources | Resource States | Node Entries | Failed Arrivals | Entity Activity

Locations for 小丸子

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
等候線	180.00	999999...	382.00	14.91	31.64	32.00	32.00	98.11
烤盤.1	180.00	112.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
烤盤.2	180.00	112.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
烤盤.3	180.00	112.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
烤盤	540.00	336.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
點餐櫃台	180.00	1.00	350.00	0.35	0.68	1.00	1.00	67.66
餐點運送帶	180.00	999999...	270.00	0.55	0.82	3.00	2.00	27.38
裝盒人員.1	180.00	6.00	1332.00	0.20	1.45	6.00	0.00	24.10
裝盒人員.2	180.00	6.00	288.00	0.31	0.50	6.00	0.00	8.32
裝盒人員	360.00	12.00	1620.00	0.22	0.97	12.00	0.00	16.21
烤盤人員.1	180.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
烤盤人員.2	180.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
烤盤人員.3	180.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
烤盤人員	540.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 9、執行後結果表

General | Locations | Location States Multi | Location States Single/Tank | Resources | Resource States | Node Entries | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity Sta

Entity Activity for 小丸子

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Wait For Res (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
顧客	350.00	32.00	15.46	0.00	0.00	15.05	0.41
完成服務的顧客	349.00	0.00	0.93	0.00	0.01	0.73	0.19
章魚小丸子	1620.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
裝盒章魚燒	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 10、Entity Activity 執行結果圖

經過模擬分析本研究將結果整理成下表：

平均設備利用率	96.83%
顧客在系統的平均時間	15.05 分
平均服務時間	1.63
離開的顧客數	382-350=32
Balk%	(32/382)*%=8.38%

表 11、模擬結果整理表

我們利用 QTS 和 Promodel 兩種軟體進行資料分析，Promodel 不同於 QTS 較有彈性與真實性，但就執行結果的準確度來說，因為 Promodel 的結果不是經由數學公式求得，因此 Promodel 沒有 QTS 準確。這次是我們模擬 3 個小時所求得的數據，經過觀察，發現 Promodel 分析的數據都比 QTS 分析後的數據高出許多，但我們認為 QTS 的結果是可接受的資訊，因為 Promodel 的到達時間是固定一直在尖峰期，但實際上同樣 3 小時內，其實會發生相隔很久才來一個顧客的情況。

四、 改善方案

根據研究結果，我們提出三種改善方案，第一種是多開烤盤，第二種是由原本一人負責一烤盤改成兩人負責一烤盤，第三種是綜合方案一跟二，兩人負責一烤盤並也多開烤盤。

1. 多開烤盤

因為店家本身有 4 個大烤盤，但通常只開 3 個烤盤，導致顧客變多時，會來不及供應餐點。因此我們建議店家把空著的烤盤一併使用(變為 4 個烤盤)，並將原本擠醬區的服務人員，移到新烤盤去負責新開的烤盤，如下圖示：

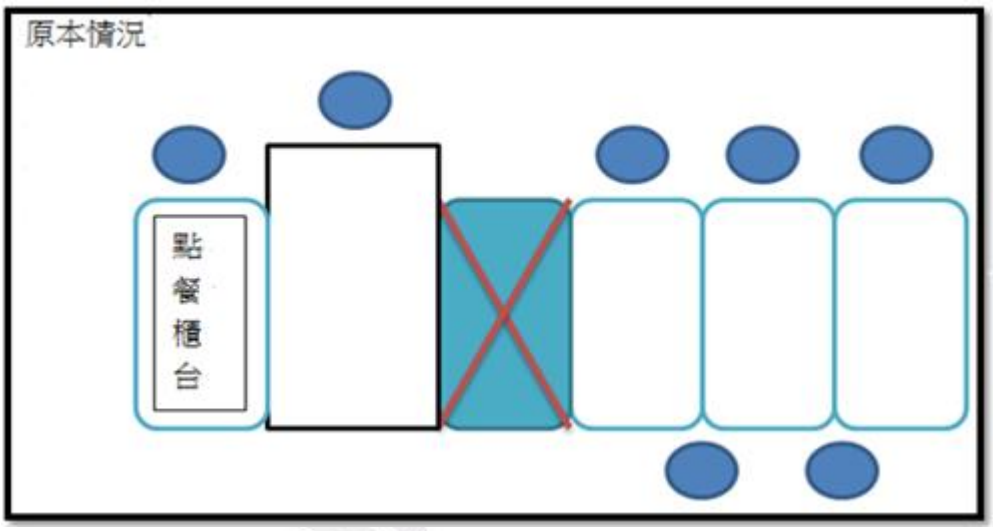

圖 12、原本狀況圖示

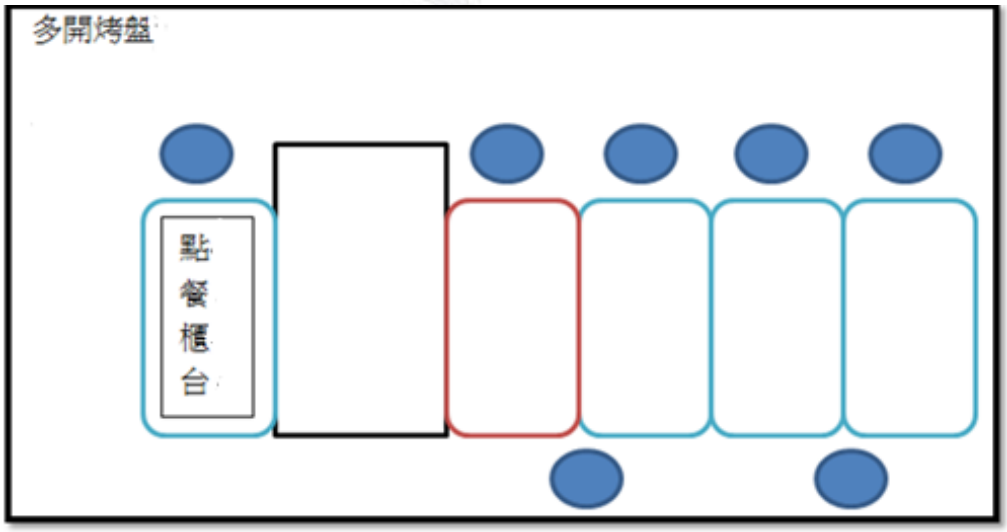

圖 13、多開烤盤圖示

改善後分析：

多開烤盤	1個
設備利用率(ρ)	72.18%
在此系統的平均顧客數(L)	4.09
在等候線上的平均顧客數(Lq)	1.20
顧客在系統的平均等候時間(W)	1.39
顧客在等候線的平均時間(Wq)	0.41

表 12、多開烤盤的 QTS 分析整理表

2. 雇用假日計時工讀

原本模式為，1 人負責一烤盤，改為 2 人負責一烤盤，但因為平時人潮並沒有假日那麼多人，所以只需要雇用假日計時工讀生，又因為假日人潮較多的時段為下午 4 點~晚上 10 點，所以只需要在這段時間多聘請工讀生幫忙。一樣把擠醬區員工，移到烤盤區幫忙，如下圖示：

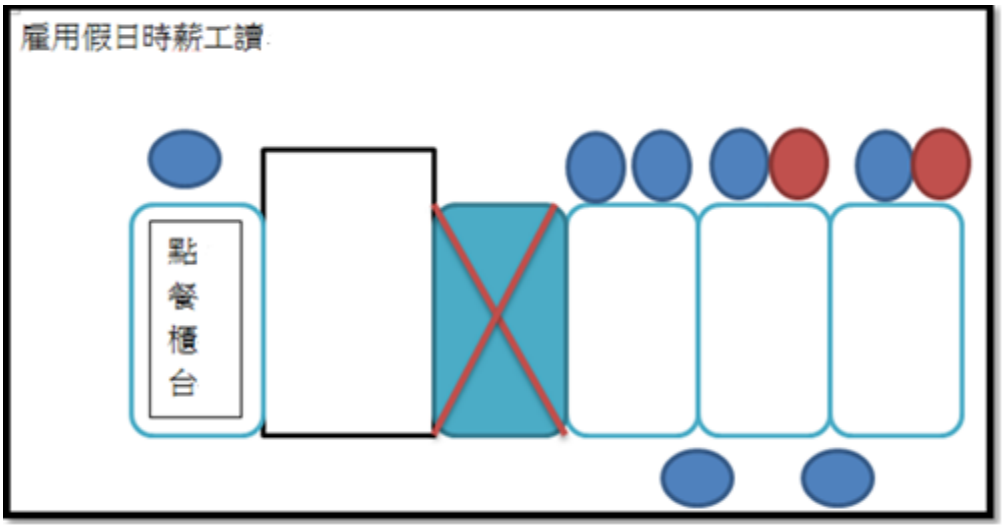

圖 14、雇用假日計時工讀圖示

改善後分析：

雇用假日計時工讀	
設備利用率(ρ)	91.70%
在此系統的平均顧客數(L)	12.12
在等候線上的平均顧客數(Lq)	9.37
顧客在系統的平均等候時間(W)	4.12
顧客在等候線的平均時間(Wq)	3.19

表 13、雇用假日計時工讀的 QTS 分析整理表

3. 雇用假日計時工讀並多開烤盤

聘請假日晚班工讀生(16:00~22:00)。兩人負責一個烤盤，共開四個烤盤，增聘 4 位員工，如下圖示：

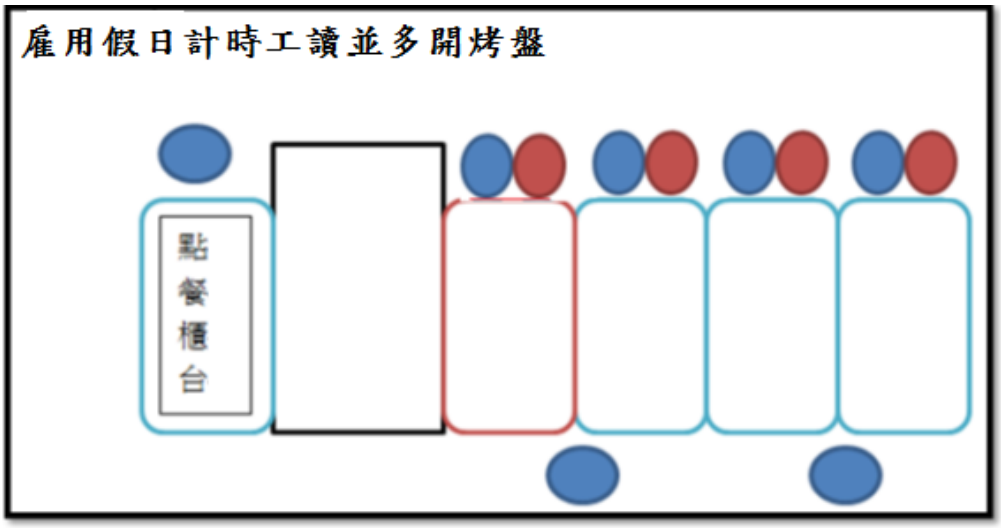

圖 15：雇用假日工讀並多開烤盤示意圖

改善後分析：

增聘假日計時工讀也新增烤盤	
設備利用率(ρ)	68.78%
在此系統的平均顧客數(L)	3.65
在等候線上的平均顧客數(Lq)	0.90
顧客在系統的平均等候時間(W)	1.24
顧客在等候線的平均時間(Wq)	0.31

表 14、方案三的 QTS 分析整理表

五、 利益分析

在原本模式中，店家在尖峰時刻，出餐速度不夠快，造成排隊等候時間過長。導致顧客流失。

1. 以設備利用率與顧客平均等候時間考量

原本情況：店內共 7 人，開三個烤盤，店餐櫃檯與幾將區各一人負責，剩下的五人，兩人負責裝盒，其他三人一人負責一烤盤。其設備利用率為 96.24%，顧客平均等候時間為 9.08 分鐘。

方案一：開四個烤盤，將櫃台擠醬料的員工移去負責新烤盤，無需增加額外人力成本，且能大幅提升出餐速度。但其設備利用率卻降至 72.18%。

方案二：由於平日顧客沒假日那麼多，不至於讓顧客等候太久，因此只需要聘請假日晚班工讀生(16:00~22:00)。

方案三：聘請假日晚班工讀生(16:00~22:00)。兩人負責一個烤盤，共開四個烤盤，增聘 4 位員工。

如單就設備利用率來看，方案三的設備利用率是全部最低，只有 68.78%，方案二的設備利用率為 91.70%，比方案一還高。

以顧客平均等候時間來看，原本情況為 9.08 分鐘，方案一為 1.39 分鐘；方案二為 4.12 分鐘，方案三為 1.24 分鐘，三種方案皆可降低顧客等候時間，但是方案二比方案一平均多等 2.73 分鐘，方案三只比方案一少 0.15 分鐘。

2. 以成本考量

依照官方網站的資料，定價一盒為 40 元，製作一盒小丸子的成本約 15 元(撇除租金、水電、瓦斯費用等…)，所以每盒約賺 25 元。假設每小時製作的小丸子皆有售出的情況下，每小時的淨利比較如下： 註：增聘工讀生一小時時薪 130 元

原本情況：一人負責一個烤盤，共有三個烤盤，平均烤一盤花費時間為 12 分鐘

一小時能製作 3*(60/12)=15 盤，約 15*18=270 盒

一小時淨利=270*25=6750 元

方案一：一人負責一個烤盤，共開四個烤盤，不多增聘員工，平均烤一盤花費時間為 12 分鐘。

一小時能製作 4*(60/12)=20 盤，約 20*18=360 盒

一小時淨利=360*25=9000 元

方案二：兩人負責一個烤盤，共開三個烤盤，增聘兩位員工，平均烤一盤花費時間為 11.08 分鐘。

一小時能製作 3*(60/11.08)=16.245 盤，約 16.245*18=292 盒

一小時增聘人(2 位)成本為 130*2=260

一小時淨利=292*25-260=7040 元

方案三：兩人負責一個烤盤，共開四個烤盤，增聘 4 位員工，平均烤一盤花費時

間為 11.08 分鐘。

一小時能製作 4*(60/11.08)=21.66 盤，約 21.66*18=390 盒

一小時增聘人(4 位)成本為 130*4=520

一小時淨利=390*25-520=9230 元

單就成本來看，三個方案皆能比原本情況賺的還多，方案一多賺 2250 元，方案二多賺 290 元，方案三則是多賺 2480 元相較起來是方案三賺得較多，方案三比方案一多賺 230 元。

根據以上分析，我們討論出日船章魚小丸子的改善方式：

新增一個烤盤可同時增加約 18 盒的小丸子，因此可大幅減少顧客等候餐點的時間。經研究後發現，2 個員工負責一個烤盤可以使製作時間減少約 55 秒，但因為烤小丸子本來就需要一定的時間，因此能降低的時間有限。上述兩種改善方式，經利益分析後，我們認為增加烤盤為較佳的改善。雖然其設備利用率只有 72.18%，但其顧客平均等候時間可減至 1.39 分鐘，且以成本角度來看，方案一的一小時淨利為 9000 元遠比方案二的 7040 還多。

肆、 結論

根據改善方法的利益分析，我們認為方案一「增加烤盤」為較佳的改善方式。在服務學習的過程中，我們發現店家通常只會使用三個烤盤，這樣常常造成供不應求的情形，以致於顧客因等候時間過長而失去耐心排隊購買。如果增開一個烤盤，不但能明顯提升出餐速度，讓顧客平均等候時間大幅降低，且不必額外增加人力成本的開銷，同樣一小時內就能比原本多賺約 2250 元。

這份等候線研究報告是建立在理想情況下，排除任何不確定因素，例如：因天候不佳會影響顧客多寡、製作過程中可能產生失敗品延遲出餐速度且並非每個時段皆為尖峰時刻，所以與實際狀況會有些許出入。而且我們的數據是假設員工持續工作中途不休息，但實際情況下員工不可能不需要休息時間。

雖然這些結果多少會與實際情況有出入，但我們仍舊認為方案一是個較具效益的改善方式。

伍、 參考文獻

以上參考林暘桂老師所開設之課程(作業研究(二))的課堂筆記、小組研究筆記以及研究結果匯整而成。

陸、 附錄

附件 1：店家同意書

逢甲大學推動服務學習協力單位合作備忘錄

逢甲大學（以下簡稱甲方）致力推動服務學習，藉由服務學習促進學生的社會與公民責任、服務技能、個人發展及在真實生活情境的學習能力、反思學習能力與批判思考能力。同時致力符合被服務者之需求，並透過學生的服務，促進社會（社區）的發展。本服務學習活動，茲與協力單位(以下簡稱乙方)合作進行，經雙方同意訂定下列條款，以茲遵守：

第一條　服務學習活動名稱：應用等候線理論改善台中商圈等候線問題。

第二條　服務學習活動時間：103 年 03 月 至 103 年 06 月 止。

第三條　服務學習活動依雙方共同協定之服務內容執行。

第四條　乙方應提供甲方執行服務學習活動時所需之相關協助。

第五條　本合作備忘錄於簽約日起即生效，甲乙方皆須遵守本合作備忘錄之條文及相關規定，如有違反，可由另一方提出終止。

第六條　本合作備忘錄正本一式二份，甲、乙雙方各執一份為憑。

立書人

甲方　機構名稱：逢甲大學工業工程與系統管理學系
代 表 人： 林暘桂 (課程老師簽章)
地　　址：台中市 407 西屯區文華路 100 號
電　　話：(04) 24517250-3638 （分機）

乙方　協力單位：日船章魚小丸子
負 責 人：　　(簽章)
代 理 人：林淑貞
地　　址：
電　　話：0983022200

中　華　民　國　　年　　月　　日

附件 2：原始數據資料

	到達時間			服務時間			離開時間		
	時	分	秒	時	分	秒	時	分	秒
1	19	15	07.5	19	20	30.2	19	20	43.6
2	19	16	00.3	19	20	43.8	19	20	53.9
3	19	16	01.8	19	20	54.1	19	21	09.4
4	19	16	17.7	19	21	09.6	19	21	23.6
5	19	16	28.9	19	21	23.6	19	21	32.3
6	19	18	10.5	19	21	32.5	19	21	38.8
7	19	18	23.3	19	21	39.0	19	21	57.0
8	19	18	30.4	19	21	57.2	19	22	03.6
9	19	18	46.1	19	22	03.8	19	22	14.3
10	19	19	01.6	19	22	14.5	19	22	25.3
11	19	19	04.0	19	22	25.5	19	22	58.5
12	19	19	24.8	leave					
13	19	19	29.7	19	22	58.7	19	23	04.4
14	19	19	36.7	19	23	04.6	19	23	15.1
15	19	20	48.2	19	23	15.3	19	23	34.4
16	19	20	49.8	19	23	34.6	19	23	46.6
17	19	20	52.0	19	23	46.8	19	23	56.3
18	19	20	59.9	19	23	56.5	19	24	03.6
19	19	21	39.3	19	24	03.8	19	24	22.9
20	19	21	46.8	19	24	23.1	19	24	23.8
21	19	22	02.1	19	24	24.0	19	24	36.0
22	19	22	24.8	19	24	36.2	19	24	38.9
23	19	22	47.4	19	24	39.1	19	24	51.1
24	19	23	20.7	19	24	51.3	19	25	03.5
25	19	23	22.5	19	25	03.7	19	25	37.0
26	19	23	48.2	19	25	37.2	19	25	52.6
27	19	23	57.1	19	25	52.8	19	26	08.3
28	19	24	09.0	19	26	08.5	19	26	18.6
29	19	24	15.4	19	26	18.8	19	26	50.3
30	19	24	18.9	19	26	50.5	19	27	13.7
31	19	24	54.5	leave					
32	19	26	01.4	19	27	13.9	19	27	17.7
33	19	26	07.2	19	27	17.9	19	27	26.6

34	19	26	17.4	19	27	26.8	19	27	50.9
35	19	26	28.7	leave					
36	19	26	46.9	19	27	51.1	19	28	04.7
37	19	27	28.7	19	28	04.9	19	28	28.0
38	19	27	31.5	19	28	28.2	19	28	55.5
39	19	27	33.7	19	28	55.7	19	30	02.6
40	19	28	19.1	19	30	02.8	19	30	13.4
41	19	28	22.4	19	30	13.6	19	30	26.9
42	19	28	23.9	19	30	27.1	19	30	51.2
43	19	28	25.6	19	30	51.4	19	30	56.8
44	19	28	30.9	19	30	57.0	19	32	24.5
45	19	28	46.7	19	32	24.7	19	32	35.6
46	19	28	59.2	19	32	35.8	19	32	58.3
47	19	29	16.8	19	32	58.5	19	33	02.6
48	19	30	19.0	19	33	02.8	19	33	08.7
49	19	30	26.4	19	33	08.9	19	33	19.6
50	19	30	54.1	19	33	19.8	19	33	35.3
51	19	31	01.8	19	33	35.5	19	35	24.9
52	19	31	15.7	19	35	25.1	19	35	46.9
53	19	31	21.4	19	35	47.1	19	36	17.7
54	19	31	24.0	19	36	17.9	19	36	30.1
55	19	31	34.9	19	36	30.3	19	36	35.7
56	19	32	01.1	19	36	35.9	19	36	42.6
57	19	32	19.5	19	36	42.8	19	37	05.0
58	19	32	41.4	19	37	05.2	19	38	24.7
59	19	33	05.6	leave					
60	19	33	27.7	19	38	24.9	19	38	39.6
61	19	33	38.3	19	38	39.8	19	38	50.7
62	19	34	08.7	19	38	50.9	19	39	07.8
63	19	34	45.9	19	39	08.0	19	40	43.7
64	19	34	52.2	leave					
65	19	35	15.1	19	40	43.9	19	41	04.3

附件 3：整理後數據

	到達間隔時間		點餐時間		服務時間(點餐+1 人/烤盤)		服務時間(點餐+2 人/烤盤)	
	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒
1	0	52.7	0	13.4	0	51.97	0	49.02
2	0	01.5	0	10.1	0	48.67	0	45.72
3	0	15.9	0	15.3	0	53.87	0	50.92
4	0	11.2	0	13.8	0	52.37	0	49.42
5	1	41.6	0	08.7	0	47.27	0	44.32
6	0	12.8	0	06.3	0	44.87	0	41.92
7	0	07.1	0	18.0	0	56.57	0	53.62
8	0	15.7	0	06.4	0	44.97	0	42.02
9	0	15.5	0	10.5	0	49.07	0	46.12
10	0	02.4	0	10.8	0	49.37	0	46.42
11	0	20.8	0	33.0	1	11.57	1	08.62
12	0	04.9	leave		leave		leave	
13	0	07.0	0	05.7	0	44.27	0	41.32
14	1	11.5	0	09.5	0	48.07	0	45.12
15	0	01.6	0	19.1	0	57.67	0	54.72
16	0	02.2	0	12.0	0	50.57	0	47.62
17	0	07.9	0	09.5	0	48.07	0	45.12
18	0	39.4	0	07.1	0	45.67	0	42.72
19	0	07.5	0	19.1	0	57.67	0	54.72
20	0	15.3	0	00.7	0	39.27	0	36.32
21	0	22.7	0	12.0	0	50.57	0	47.62
22	0	22.6	0	02.7	0	41.27	0	38.32
23	0	33.3	0	12.0	0	50.57	0	47.62
24	0	01.8	0	12.2	0	50.77	0	47.82
25	0	25.7	0	33.3	1	11.87	1	08.92
26	0	08.9	0	15.4	0	53.97	0	51.02
27	0	11.9	0	15.5	0	54.07	0	51.12
28	0	06.4	0	10.1	0	48.67	0	45.72
29	0	02.5	0	31.5	1	10.07	1	07.12
30	0	35.6	0	23.2	1	01.77	0	58.82
31	1	06.9	leave		leave		leave	

32	0	05.8	0	03.8	0	42.37	0	39.42
33	0	10.2	0	08.7	0	47.27	0	44.32
34	0	11.3	0	24.1	1	02.67	0	59.72
35	0	18.2	leave		leave		leave	
36	0	41.8	0	13.6	0	52.17	0	49.22
37	0	02.8	0	23.1	1	01.67	0	58.72
38	0	02.2	0	27.3	1	05.87	1	02.92
39	0	45.4	1	06.9	1	45.47	1	42.52
40	0	03.3	0	10.6	0	49.17	0	46.22
41	0	01.5	0	13.3	0	51.87	0	48.92
42	0	01.7	0	24.1	1	02.67	0	59.72
43	0	05.3	0	05.4	0	43.97	0	41.02
44	0	15.8	1	27.5	2	06.07	2	03.12
45	0	12.5	0	10.9	0	49.47	0	46.52
46	0	17.6	0	22.5	1	01.07	0	58.12
47	1	02.2	0	04.1	0	42.67	0	39.72
48	0	07.4	0	05.9	0	44.47	0	41.52
49	0	27.7	0	10.7	0	49.27	0	46.32
50	0	07.7	0	15.5	0	54.07	0	51.12
51	0	13.9	1	49.4	2	27.97	2	25.02
52	0	05.7	0	21.8	1	00.37	0	57.42
53	0	02.6	0	30.6	1	09.17	1	06.22
54	0	10.9	0	12.2	0	50.77	0	47.82
55	0	26.2	0	05.4	0	43.97	0	41.02
56	0	18.4	0	06.7	0	45.27	0	42.32
57	0	21.9	0	22.2	1	00.77	0	57.82
58	0	24.2	1	19.5	1	58.07	1	55.12
59	0	22.1	leave		leave		leave	
60	0	10.6	0	14.7	0	53.27	0	50.32
61	0	30.4	0	10.9	0	49.47	0	46.52
62	0	37.2	0	16.9	0	55.47	0	52.52
63	0	06.3	1	35.7	2	14.27	2	11.32
64	0	22.9	leave		leave		leave	
65			0	20.2	0	58.77	0	55.82

附件 4：QTS 分析之結果

原本模式：

M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

Input Parameters:	
Arrival rate (λ)	2.94
Mean service time ($1/\mu$)	0.982
Number of servers in the system (c)	3
Plot Parameters:	
Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.
Results:	
Mean interarrival time ($1/\lambda$)	0.340136
Service rate (μ)	1.01833
Average # arrivals in mean service time (r)	2.88708
Server utilization (ρ)	96.24%
Fraction of time all servers are idle (p_0)	0.008725
Mean number of customers in the system (L)	26.657702
Mean number of customers in the queue (Lq)	23.770622
Mean wait time (W)	9.067246
Mean wait time in the queue (Wq)	8.085246
Probability arriving customer is delayed in queue (1-Wq(0))	0.929721

方案一：

M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

Input Parameters:	
Arrival rate (λ)	2.94
Mean service time ($1/\mu$)	0.982
Number of servers in the system (c)	4
Plot Parameters:	
Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.
Results:	
Mean interarrival time ($1/\lambda$)	0.340136
Service rate (μ)	1.01833
Average # arrivals in mean service time (r)	2.88708
Server utilization (ρ)	72.18%
Fraction of time all servers are idle (p_0)	0.044504
Mean number of customers in the system (L)	4.088275
Mean number of customers in the queue (Lq)	1.201195
Mean wait time (W)	1.39057
Mean wait time in the queue (Wq)	0.40857
Probability arriving customer is delayed in queue (1-Wq(0))	0.46304

方案二：

M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

Input Parameters:	
Arrival rate (λ)	2.94
Mean service time (1/μ)	0.93575
Number of servers in the system (c)	3
Plot Parameters:	
Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.
Results:	
Mean interarrival time (1/λ)	0.340136
Service rate (μ)	1.068662
Average # arrivals in mean service time (r)	2.751105
Server utilization (ρ)	91.70%
Fraction of time all servers are idle (p_0)	0.020258
Mean number of customers in the system (L)	12.117109
Mean number of customers in the queue (Lq)	9.366004
Mean wait time (W)	4.121466
Mean wait time in the queue (Wq)	3.185716
Probability arriving customer is delayed in queue (1-Wq(0))	0.847351

方案三：

M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

Input Parameters:	
Arrival rate (λ)	2.94
Mean service time (1/μ)	0.93575
Number of servers in the system (c)	4
Plot Parameters:	
Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.
Results:	
Mean interarrival time (1/λ)	0.340136
Service rate (μ)	1.068662
Average # arrivals in mean service time (r)	2.751105
Server utilization (ρ)	68.78%
Fraction of time all servers are idle (p_0)	0.053619
Mean number of customers in the system (L)	3.654022
Mean number of customers in the queue (Lq)	0.902917
Mean wait time (W)	1.242865
Mean wait time in the queue (Wq)	0.307115
Probability arriving customer is delayed in queue (1-Wq(0))	0.409889

附件 5：Promodel Formatted Listing 和執行圖

```
*******************************************************************************

  Time Units:                          Minutes
  Distance Units:                      Feet


*******************************************************************************
*                                  Locations                                  *
*******************************************************************************

  Name        Cap       Units Stats       Rules           Cost
  ---------- -------- ----- ----------- --------------- ------------
  等候線      INFINITE 1     Time Series Oldest, FIFO,
  烤盤        112      3     Time Series Oldest, , First
  烤盤.1      112      1     Time Series Oldest, ,
  烤盤.2      112      1     Time Series Oldest, ,
  烤盤.3      112      1     Time Series Oldest, ,
  點餐櫃台    1        1     Time Series Oldest, ,
  餐點運送帶  INFINITE 1     Time Series Oldest, FIFO,
  裝盒人員    6        2     Time Series Oldest, , First
  裝盒人員.1  6        1     Time Series Oldest, ,
  裝盒人員.2  6        1     Time Series Oldest, ,
  烤盤人員    1        3     Time Series Oldest, , First
  烤盤人員.1  1        1     Time Series Oldest, ,
  烤盤人員.2  1        1     Time Series Oldest, ,
  烤盤人員.3  1        1     Time Series Oldest, ,


*******************************************************************************
*                                   Entities                                  *
*******************************************************************************

  Name           Speed (fpm)  Stats       Cost
  -------------- ------------ ----------- ------------
  顧客           150          Time Series
  完成服務的顧客 150          Time Series
  章魚小丸子     150          Time Series
  裝盒章魚燒     150          Time Series


*******************************************************************************
*                                  Processing                                 *
*******************************************************************************

                                  Process                        Routing

 Entity      Location    Operation            Blk  Output         Destination Rule      Move Logic
 ---------- ---------- ------------------  ---- -------------- ----------- -------  ------------
 顧客        等候線                           1    顧客           點餐櫃台     JOIN 1
 章魚小丸子 烤盤        wait u(11,2)         1    章魚小丸子     裝盒人員     FIRST 1
 章魚小丸子 裝盒人員    combine 6
                        wait n(10,1) sec     1    裝盒章魚燒     餐點運送帶   FIRST 1
 裝盒章魚燒 餐點運送帶                       1    裝盒章魚燒     點餐櫃台     FIRST 1
 裝盒章魚燒 點餐櫃台    join 1 顧客
                        wait e(20) sec       1    完成服務的顧客 EXIT         FIRST 1


*******************************************************************************
*                                   Arrivals                                  *
*******************************************************************************

  Entity      Location Qty Each   First Time Occurrences Frequency      Logic
  ---------- -------- ---------- ---------- ----------- -------------- ------------
  顧客        等候線   1          0          INF         E(1,17.9) sec
  裝盒章魚燒 點餐櫃台 300        0          INF         1
  章魚小丸子 裝盒人員 6          0          INF         E(39,19.9) sec
```

附件 6：照片

DENIMJEANS
JUSTICE
LEAGUE

JUSTICE
LEAGUE