

## 圖書館檢索區電腦數量之配置：排隊理論之應用

### Determining the Number of Public Access Terminals Needed in Searching Area : A Queuing Theory Approach

周 正 明

國立台灣大學土木工程學研究所營建工程與管理組 碩士班研究生

Cheng-ming Chou, Graduate Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University

E-mail : joming@tpts5.seed.net.tw

傅 怡 婷

國立台灣大學圖書資訊學系

Yi-ting Fu, Department of Library and Information Science, National Taiwan University

E-mail : busybee@ms39.url.com.tw

趙 晉 緯

國立台灣大學土木工程學系

Chin-wei Tsao, Department of Civil Engineering, National Taiwan University

E-mail : b6501002@ms.cc.ntu.edu.tw

鐘 玉 如

國立台灣大學圖書資訊學系 四年級學生

Yu-ju Chung, Department of Library and Information Science, National Taiwan University

E-mail : berah@ms19.hinet.net

#### 【摘要 Abstract】

隨著科技的進步，圖書館從卡片目錄時代進入了自動化及網際網路的時代，讀者可以直接利用線上目錄、資料庫等電子資源進行檢索，相對地提高了檢索區的需求，因此在規劃圖書館建築時，設計一處能滿足讀者需求的檢索區顯得格外重要。本文主要探討圖書館檢索區之電腦數量，並利用排隊理論，建立簡單的評估模式，來驗證現有圖書館檢索區之現有電腦數量，以供圖書館進行服務規劃與設備管理之參考。

As technology is advancing, the potential advantage of using online catalogs on public access terminals is among the most important issues with which the library administrators must deal. Based on the survey and observation conducted at the Main Library of National Taiwan University in winter 2000, a queuing model was developed to describe the acceptable waiting time and terminals required.

#### 關鍵詞 Keyword

圖書館建築 檢索區 排隊理論

Library buildings ; Searching area ; Queuing theory



## 壹、前言

圖書館本著服務的精神，秉持著「顧客至上」的態度來服務讀者、提供各項的服務，由於經費的限制，館方必須考量每一項成本的支出是否值得，尤其在圖書館規劃時，更應注意到設備的數量選擇，如此，不但能滿足讀者的需求，也能將經費做最合理的運用，發揮最大的作用。根據使用圖書館的經驗，我們觀察到有些服務項目因機器、設備的數量不足而出現了排隊的現象，例如：檢索區的電腦、影印機或電梯等，這些現象的出現很容易使圖書館的服務效率打折，而排隊理論(Queuing theory)主要的概念即是在平衡「等候成本」與「提供服務的成本」，能夠在有限經費下發揮最高的服務效率。

本文主要探討圖書館檢索區之電腦數量，並利用排隊理論(Queuing theory)，建立簡單的評估模式，來驗證現有圖書館檢索區(Searching area)之電腦數量是否足夠，以提供其他圖書館做為規劃時的一項參考指標。

## 貳、文獻探討

排隊理論(Queuing theory)，最早期應用於解決電話線路擁擠的問題，使打電話無法接通的機率最小，提供使用者滿意的最佳服務效率。1909年，丹麥數學家 A. K. Erlang 出版《The Theory of probabilities and telephone conversation》一書，首次考慮排隊系統(Queuing system)中的最適解問題；1930年代初期 Felix Pollaczek 在 Poisson 流入、任意流出及一條或多條通路問題有突破性的發展，此後繼續有人從事各種不同模式的研究，排隊理論的發展才逐漸熱絡起來。(註 1)

排隊理論(Queuing theory)的應用層面相當廣泛，許多研究者都採用了此一理論進行相關的實證研究，在圖書資訊學領域的研究，1987年 Raymond

G. Taylor, Jr. 運用排隊理論進行線上目錄的預期服務水準評估的研究，提出了許多相關的問題，例如：電腦故障數對整個服務系統影響程度；在某一電腦數量下，讀者等待的機率為何；若讀者流量可被控制，則最大的服務數是多少；透過簡單模型的分析，說明系統服務水準與某些重要變數間存在著密切的關係，圖書館可針對其中的變數來改善，以提高服務水準。(註 2)翌年 Taylor 則將排隊理論應用於決定線上終端機(Online terminals)的最小數量，其研究採用到達率(Arrival rate)及服務率(Service rate)為獨立參數建立模型，並分別針對十六種不同的圖書館服務政策，計算出每一服務政策下所需要的線上終端機(Online terminals)的數量，做為圖書館制定服務政策的依據。(註 3)

Jon Warwick 分別於 1994 年(註 4)及 1998 年(註 5)以排隊理論為基礎，針對學術圖書館建立評估借閱期限、複本數與借閱冊數對圖書館流通影響程度之模型，該模型以封閉式集中服務系統(Closed central server queuing network)為架構，說明圖書流通的過程，並藉由模型的研究分析提供圖書館在制定相關政策的參考。

1995年，Terbille 曾試著以排隊理論來探討參考櫃檯的設置問題，並根據排隊理論實際計算的結果，提出參考服務櫃檯可依據讀者問題類型劃分的建議，可分為「指示性問題服務櫃檯」、「參考性問題服務櫃檯」兩類，以節省讀者排隊等待的時間，進而讓讀者都能感受到最佳的服務品質。(註 6)

在 Michael K. Hui 和 David K. Tse 於 1996 年對於花不同時間來排隊、等待資訊的消費者會有什麼樣不同的反應所做的檢驗中，探討了等待與壓力之間的關係，其中主要在闡述一概念，若在排隊過程中能夠明確告知消費者需要等待的時間，就能消除消費者不知道要等多久而產生的不確定感，相對地顧客對於服務滿意程度也會隨之提高。(註 7)

綜合上述分析，應用排隊理論(Queuing theory)



的相關研究主要是先分析研究對象的特性，利用該理論建立一數學模式，針對收集所得之資料，進行檢定分析，在資源有限的條件限制下，發揮最高之服務效率。本研究亦採用此一研究程序進行，調查讀者利用台大總圖書館檢索區之情況，包括排隊時間、電腦使用頻率、讀者最大忍耐等待時間等，藉以探討圖書館檢索區之電腦數量、服務效率、合理空間設置區位等議題，並依此分析問題成因之所在，進而提出適切的改善或解決的建議，以提供日後相關人員作為規劃圖書館檢索區時之決策參考，讓圖書館在空間規劃時，不再只是依空間大小設置電腦數量，而能夠秉持積極主動的精神，具體說明讀者的需求與館方的考量。

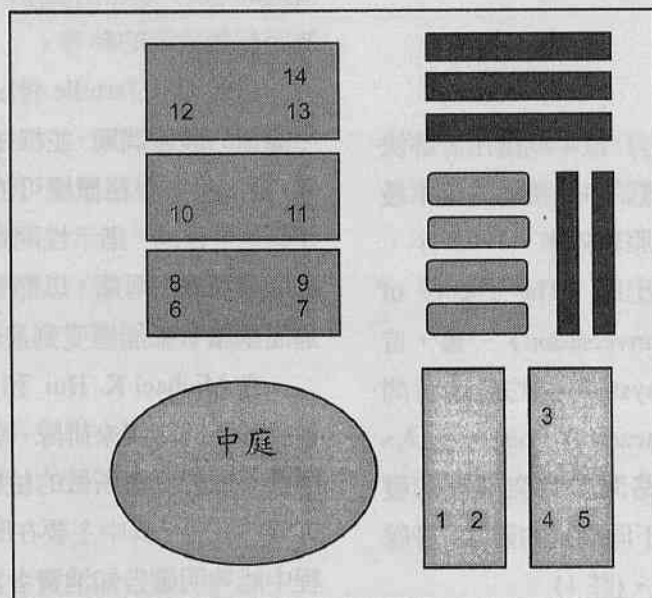
## 參、調查分析

### 一、個案環境描述

台灣大學總圖書館一樓電腦檢索區之位置排

列，如圖一所示，其檢索區共可劃分為兩區，分別為一樓中庭之前方以及右側方，每一張木桌上至多可容納四台電腦，屬站立式之檢索區，十四台電腦中編號 4 號(故障)以及 10 號電腦為 DOS 作業系統之界面，其餘電腦都為 Windows 系統之操作界面，而檢索區之電腦除可供讀者查詢館藏目錄(OPAC 或 WebPAC)之外，還可供查詢網際網路上之各種資料庫。

根據筆者與館員私下訪談得知，當初規劃此檢索區時，並無確切考慮讀者使用頻繁的問題，而是以填補空間的做法以及實際經費額度來考量電腦數量之安排，而這也反應了台灣地區大部分圖書館規劃時的實際情況，因此，引發了本研究進行的動機。本研究企圖了解讀者對於這種非規劃狀態下所設計的檢索區，在使用上是否滿意，並嘗試提出具體之改善建議以及適當的解決方案，本研究係以問卷調查法與觀察法來蒐集第一手資料，藉以了解讀者之意見與想法。



圖一：台灣大學總圖書館一樓檢索區平面圖



## 二、問卷調查

爲了瞭解台灣大學總圖書館一樓之電腦檢索區目前的服務品質，並設計本實驗之觀察假設，本研究設計問卷，盼彙整讀者的意見，以收其效。

### (一) 問卷設計

問卷第一部分首先確定被調查者之身分，在大學圖書館內的讀者有教職員、研究生、大學生，藉由此一問題之調查能交叉分析出不同身分對於使用檢索區之習慣以及認知。問卷第二部分的設計目的主要在於「可信度的確立」，藉由使用檢索區頻率的調查，可推斷受訪者的意見應受重視之程度，比較「平均進館一次便會使用檢索區一次」之讀者與「平均進館十次僅使用檢索區一次」之讀者，常使用圖書館者的感受應較不常使用圖書館者爲準確。因此，前者的意見應該更受重視，而此項調查數據，可作爲本研究進行統計分析時的加權指數。

第三部分則是此次問卷設計的核心問題。第一項主要調查讀者對於檢索區電腦數量的滿意程度，此項變數與前項可信度的確立有直接的相關；

第二項則是調查讀者對於排隊時間的最大忍耐值，此項統計出來的結果，亦爲排隊理論之應用所需之變數之一。由於考慮到每位受訪者對時間的感覺差距太大，本研究在每一選項後加註一項大眾都能接受的普通經驗，以加深受訪者之印象及感覺，將受訪者的意見量化，使調查結果更具參考價值。

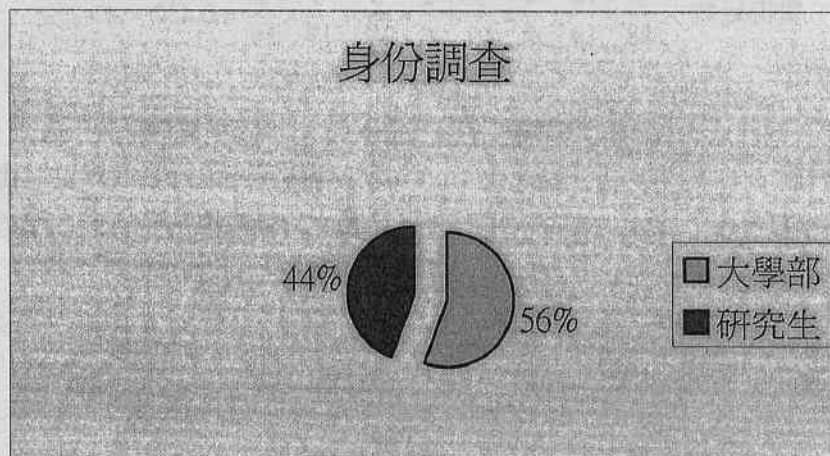
### (二) 調查方式

本次研究之調查方式係採隨機抽樣問卷調查方式，在台灣大學總圖書館一樓檢索區附近隨機選取正在使用圖書館之讀者來填答問卷，調查時間則平均分布於開館時間，調查時間爲 90 年 11 月 15 日至 23 日，問卷回收份數共 50 份，有效問卷爲 45 份，回收率爲 90%。

### (三) 調查結果分析

#### 1. 受訪者身份調查

在本次研究的 45 位受訪者當中，20 位爲大學部，佔 56%，其餘 25 位爲研究生，佔 44%。



圖二：身分調查



## 2. 使用頻率與電腦數量認知之關係

此項調查可統計出在一般受訪者心目中，電腦之數量是否足夠？在勾選（進館次數/使用次數）為 1 的 18 人當中有 10 人認為電腦不足，另外有 8 人認為電腦足夠，乘以適當之權數後(如表一)，方

能顯出真正讀者之滿意度。根據計算結果，43.2% 的受訪者覺得檢索區電腦足夠，因此大約有 60% 的讀者是認為台灣大學總圖書館一樓檢索區的電腦是不夠用的。

表一：使用頻率之權數對照表

使用頻率(進館次數/使用次數)	權數
1	$\frac{10}{19}$
3	$\frac{5}{19}$
5	$\frac{3}{19}$
10	$\frac{1}{19}$

$$\text{覺得不夠：} \frac{10}{18} \times \frac{10}{19} + \frac{5}{9} \times \frac{5}{19} + \frac{4}{6} \times \frac{3}{19} + \frac{8}{17} \times \frac{1}{19} = 0.568 = 56.8\%$$

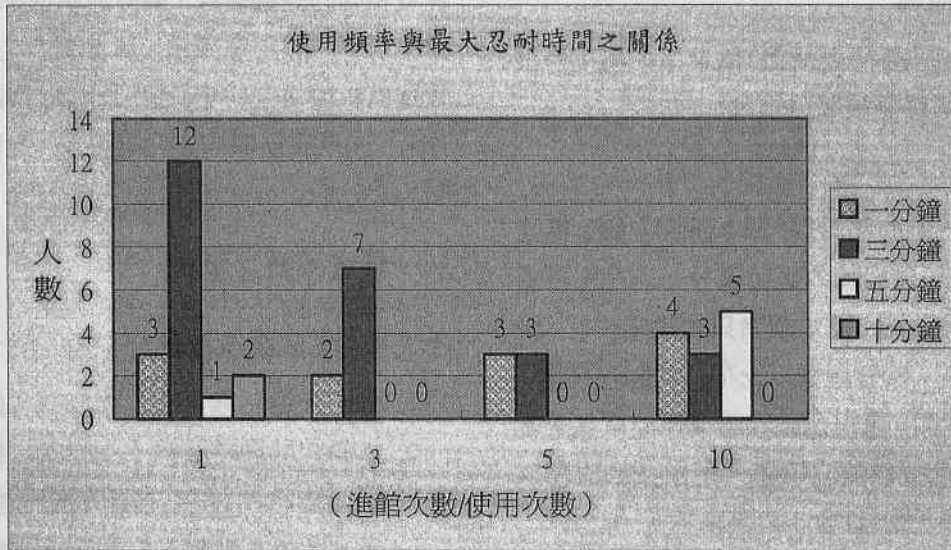
$$\text{覺得足夠：} \frac{8}{18} \times \frac{10}{19} + \frac{4}{9} \times \frac{5}{19} + \frac{2}{6} \times \frac{3}{19} + \frac{9}{17} \times \frac{1}{19} = 0.432 = 43.2\%$$

## 3. 最大忍耐時間之計算

在此部分中，使用檢索區頻率較高的受訪者，其意見應受重視程度亦較高，因此在統計時做適當

的加權處理，以反應其意見之比重，統計結果：平均最大忍耐時間約為 3.04 分鐘(註 8)，相關統計分布如圖三：





圖三：圖書館索檢區使用頻率與最大忍耐時間之關係

## 肆、模式之建立、統計分析與討論

### 一、排隊理論

排隊理論，又稱為等候線理論，主要研究排隊的現象。通常讀者需要某項服務，並以隨機方式到達服務組織或服務中心時，視服務中心的設施，如人員、設備等能量，給予讀者服務，因為所需服務項目不同，或因服務中心對同一服務項目，不可能始終維持不變以同一時間完成，所以服務時間也是以隨機方式出現，通常服務者正在服務讀者時，到達的其他服務者也是以隨機方式出現，而形成排隊現象。在排隊模式中，若讀者增加，亦即需求量增加，但服務的設備或人員仍保持原有狀態，出現服務設備及人員不足，則讀者等待時間勢必加長，或有些讀者缺乏耐性而導致收益上的損失。另一方面，如果增加服務能量，又希望排隊時間不至於太長，以減少讀者等待或不需等待，勢必增加服務設施及人員，因而提高服務成本，倘若需求的服務量不太多時，這些服務設施及人員就有閒置的現象，此時的閒置成本，也是一種損失。(註 9)因此，透

過排隊理論可以找到成本與效益的平衡點，以在最低或有限的成本下，發揮最大的效益。

### 二、排隊系統之基本結構與要素(註 10)

#### (一) 輸入來源

輸入來源為有資格排隊讀者(即本研究之讀者)的總稱。輸入來源之母體可分為有限母體或無限母體兩種。無限母體的情形在數學方面處理比較簡單，然本研究中有資格排隊之讀者具有不確定性，故輸入來源採用無限母體。

#### (二) 需求讀者到達之分配

一般而言讀者到達的情形為隨機現象，對於讀者到達之分配的情形，可用兩種統計方法來說明：一種是平均到達率，即每單位時間平均到達多少讀者，此為不連續隨機變數，隨機變數之機率分配為卜瓦松分配 (Poisson distribution)；另一種是計算由緊接前後兩位讀者到達的時間，此時間稱為到達間隔時間，此為連續隨機變數，其機率分配為指數分配 (Exponential distribution)。



### (三) 排隊服務規則

需求讀者進入排隊系統後，服務者如何挑選讀者給予服務，稱為等候服務規則。

### (四) 服務系統之內部情形

服務系統內的服務設備(即本研究中檢索區之檢索電腦)，依服務設備的數目區分，若在服務系統僅有一個服務設備，需求讀者只能排成一行，稱為單站服務系統；若有兩個以上平行的服務櫃檯，而服務性質均相同，每一個服務設備都能單獨完成服務，則同時可服務數位讀者，稱為多站服務系統。本研究的研究地點為多站服務系統。

### (五) 服務模式

本研究中之多站服務系統，是指多個服務設備，等候線的計算是由各個服務設備綜合計算而成，並非各個服務設備形成一條等候線，這是必須注意的。

### (六) 排隊系統讀者最大容量

排隊系統讀者最大容量是指排隊系統內讀者的總數，即本研究中排隊的最多人數。

### (七) 最大等候線長度

可以決定將不超過某特定時間比例的等候線，例如：在 95% 的信心水準下，想知道可能不超過特定時間的等候長度，並使用此數值作為規劃值。求出下列  $n$  值，即可求得滿足某特定百分比的大約等候線長度：

$$n = \frac{\log K}{\log \rho} \text{ 或 } \frac{\ln K}{\ln \rho}, \text{ 其中 } k = \frac{1 - \text{某特定百分比}}{Lq(1 - \rho)}$$

### (八) 讀者服務時間及離去分配之情形

讀者服務時間指讀者進入服務機構開始接受服務起到服務完畢止的時間，一般假設其為獨立且

具有相同的隨機變數，屬於連續機率分配。服務時間常以平均服務率表示。讀者離去之分配，因接受服務完成後離去，可以個別計算，屬於不連續機率分配，如果服務機構無閒置現象，通常為卜瓦松分配。

## 三、等候系統之模式

### (一) 本研究之基本假設

1. 本研究地點為台灣大學總圖書館一樓。
2. 本研究抽樣時間為下午時段。根據新總圖書館閱覽組所提供之讀者進出館統計資料顯示，下午二點到五點為讀者進館之尖峰，若此時間之服務效率能夠滿足，圖書館即不需要增加檢索區之檢索電腦。同理，若下午時段服務效率能夠滿足，則無須再檢驗其他時段效率是否滿足。
3. 本研究地點內有 13 台可檢索之電腦。新總圖書館一樓編號第 4 號電腦，在本研究抽樣時間內均為故障狀態，故本研究並未將其考慮在服務系統內。
4. 輸入來源視為無限母體。本研究中因為每日進入台灣大學總圖書館檢索區的使用人數超過 4,000 人次，因此可視為無限母體。
5. 讀者到達的情形為隨機現象。假設讀者到達之分配為卜瓦松分配，其參數為平均到達率。本研究對於一整批到達的讀者，或讀者加入排隊後，若因不耐久候而離去，或轉到其他隊伍排隊，或難以量化的隱藏性排隊等情況，其分析模式與本研究不同，故亦不列入討論範圍。
6. 服務規則採用「分別排隊」原則。本研究採用「分別排隊」原則，其原為圖書館檢查點到檢索區即為一等待線，尚其他的讀者會從其他的地方加入排隊，所以採取分別排隊



之原則。

7. 服務系統為多站服務系統。在本研究中，從圖書館檢查點到檢索區即為一等待線，而本研究將圖書館一樓內所有檢索電腦視為一服務系統，唯有檢索區內所有電腦均在使用，才有讀者排隊的現象，否則讀者均會自行尋找閒置的電腦，而不會出現排隊現象。
8. 最大等候線長度為不超過時間等候長度的95%，並使用此數值作為規劃值。

### (二) 多站或平行服務系統之排隊模式 (M/M/C) : (∞ / ∞ / FCFS)

系統之到達率模式為

$$\lambda_N = \lambda, \text{ 若 } n \geq 0$$

$$\text{服務率 } \mu_N = \begin{cases} n\mu, & \text{若 } 1 \leq n \leq C \\ C\mu, & \text{若 } C \leq n \end{cases}$$

$$\text{其平均到達率 } W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L = \lambda \times W$$

### (三) 最佳服務站數及最佳服務率

一般情形，排隊系統之效率通常以成本作為效率之測定標準，但此標準並非適用於所有的排隊問題。儘管圖書館檢索區增加一台檢索電腦的設備成本可以精確的計算，但是讀者因等候而造成時間上的損失卻難以計算，故本研究並不以成本作為考量，由於效率之測定標準與服務系統中之平均單位有關，所以採取下列公式分析：

$$L = \frac{C \times \left(\frac{\lambda}{\mu^*}\right)}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu^*}\right)^C}, \quad \mu^* = C\mu$$

在到達率不變之下，可得出最佳服務率，並以此對照目前使用情形，得到最佳服務站數。

### (四) 符號說明(註 11)

- $n$  : 排隊系統內之讀者數(包括正在接受服務者以及在等候線上排隊者)
- $\lambda$  : 排隊系統之平均到達率(即每單位時間之讀者到達數)
- $\lambda_N$  : 當系統內有  $N$  個讀者時，新讀者之平均到達率
- $\mu$  : 穩定狀態之平均服務率(即每單位時間之讀者服務完畢數)
- $\mu_N$  : 當系統內有  $N$  個讀者時之平均服務率(即每單位時間讀者服務完畢數)
- $C$  : 服務機構內之服務台數
- $M$  : 期望服務台數
- $L$  : 整個排隊系統期望讀者或平均讀者數
- $L_q$  : 在等候線上排隊之期望讀者數或平均讀者數
- $W$  : 一位讀者在等候系統內期望等候時間(此項時間包含服務時間與  $W_q$ )
- $W_q$  : 一位讀者在等候線上期望等候時間(此項時間不包含服務時間)
- $\rho$  : 為服務設備使用率或利用率(若多站平行服務時，利用率為  $\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$ )

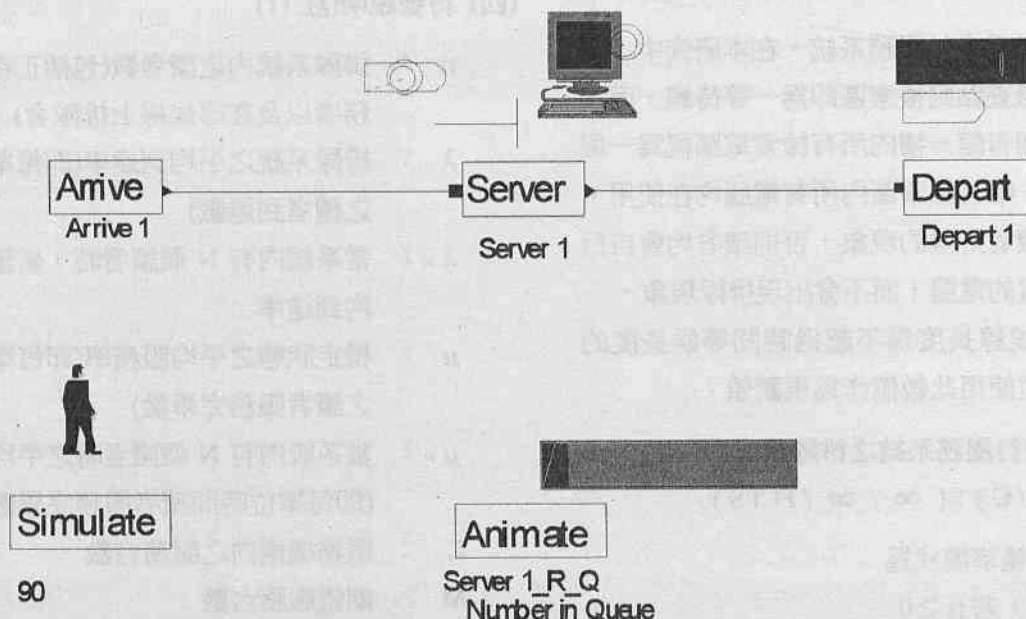
## 四、統計分析

### (一) 統計結果

本研究之基本架構，如圖四：讀者到達台灣大學總圖書館一樓的檢查點(即進入圖四中的 Arrive)，成為本實驗之觀察樣本；讀者經由圖書館動線到達一樓電腦檢索區(即圖四中之 Server)進行圖書館館藏資料的檢索；使用完檢索區電腦之後，讀者自由離去(即圖四中之 Depart)。







圖四：本研究之排隊模式

根據本研究所做問卷調查之統計分析顯示(參見表二、表三)，台灣大學總圖書館平均每 5.44 進館人次才會使用一次檢索區；根據圖書館提供相關資料，圖書館每月進館人數約為 126,415 人，圖書館每月開館時間約為 399 個小時，換算成檢索區的平均使用人數約為每小時 58.24 人，即每分鐘 0.97 人；而下午時段的進館人數為 58,589 人，每月開放時間為 145 小時，所以換算成檢索區的平均使用人數為約為每小時 74.28 人，即每分鐘 1.24 人。(註 12)

根據本研究問卷調查所得，期望平均到達率  $\lambda = 1.24$  人/分鐘、檢索區電腦數  $C = 13$  台、觀察平均服務率  $\mu = 0.89$  人/分鐘；本研究計算讀者能接受的平均等待時間 ( $W_q$ ) 之計算公式為：

$W_q = \text{時間} \times \text{人數} \times \text{權數}$ ，其中權數的決定採用等比例加權的概念，第  $i$  組的權數為該組的人數與全部人數之比例，所以

$$W_q = 1 \times \frac{12}{45} + 3 \times \frac{25}{45} + 5 \times \frac{6}{45} + 10 \times \frac{2}{45} = 3.04(\text{分鐘})$$

即讀者所能接受的平均等待時間約為 3.04 分鐘。又由調查得之，

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} = 3.04 + 1.12 = 4.16(\text{分鐘})$$

$$L = \lambda \times W = 1.24 \times 4.16 = 5.16(\text{人})$$

$$L_q = \lambda \times W_q = 1.24 \times 3.04 = 3.77(\text{人})$$



表二：讀者進館次數與檢索次數比之統計表

進館次數／檢索次數	1	3	5	10	總計
人數	18	9	6	17	45
總和	18	27	30	170	245

表三：讀者最大等候時間統計表

進館次數／檢索次數	1	3	5	10	總計
覺得足夠的讀者	4	14	5	0	23
覺得不夠的讀者	8	11	1	2	22
總和	12	25	6	2	45

## (二) 討論與分析

本研究中在  $M=13$ ,  $\lambda=1.24$ ,  $\mu=0.89$  的情況下，信心水準為 95% 的時候，等候線最大長度  $n$  為：

$$n = \frac{\log K}{\log p}, \text{ 其中 } K = \frac{1-\alpha}{Lp(1-\rho)}$$

$$= \frac{1-0.95}{3.77 \times (1-0.10)} = 0.147$$

$$n = \frac{\log(0.147)}{\log(0.10)} = 1.83$$

取  $n$  值等於 2

此  $n$  值表示在 95% 的信心水準下，整個服務系統只能接受兩個讀者在排隊。而檢視本研究所進行的觀察結果，排隊人數均小於兩人，滿足此一結論。

而最佳服務率：在到達率  $\lambda$  不變之下，若整個系統內的讀者數為 13 人(即無排隊現象)

$$L = \frac{C \times \left(\frac{\lambda}{\mu^*}\right)}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu^*}\right)^C} = \frac{13 \times \left(\frac{1.24}{\mu^*}\right)}{1 - \left(\frac{1.24}{\mu^*}\right)^{13}} = 13$$

由牛頓法逼近

$$\mu^* = 13 \times \mu = 1.44$$

$$\mu = 0.11$$

$$M = C \times \frac{\mu^*}{\mu} = 13 \times \frac{1.44}{1.24} = 15$$

可得到檢索區最佳服務率  $\mu^*$  為 1.44，系統內檢索電腦服務率  $\mu$  為 0.11，因此檢索區電腦的數量應該增加 2 台，才能達到最佳服務率。

若整個系統內的讀者數為  $13+2=15$  人(即圖書館能夠接受最多讀者排隊的現象)

$$L = \frac{C \times \left(\frac{\lambda}{\mu^*}\right)}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu^*}\right)^C} = \frac{13 \times \left(\frac{1.24}{\mu^*}\right)}{1 - \left(\frac{1.24}{\mu^*}\right)^{13}} = 15$$

由牛頓法逼近

$$\mu^* = 13 \times \mu = 1.20$$

$$\mu = 0.09$$

$$M = C \times \frac{\mu^*}{\mu} = 13 \times \frac{1.20}{1.24} = 12.5$$



可得到檢索區最佳服務率  $\mu^*$  為 1.20，系統內檢索電腦服務率  $\mu$  為 0.09，所以檢索區電腦的數量應該維持 13 台，才能達到最佳服務率。

由以上之計算可以瞭解，在本研究中，台灣大學總圖書館若不希望檢索區內有讀者排隊的情形發生的話，檢索區的電腦數量應該至少較目前的配置增加 2 台，亦即至少增加為 15 台，如此就不會發生讀者排隊的情形。

在 95% 的信心水準下，若台灣大學總圖書館能夠接受檢索區最多有 2 位讀者在排隊的情形的話，那麼檢索區應該至少配置有 13 台檢索電腦，

才能滿足最多有 2 位讀者排隊的情形。故本研究中建議台灣大學總圖書館檢索區之電腦數量應該介於 13 台至 15 台之間。

將觀測樣本利用 ARENA 繼續進行統計分析，可以得到相同的結果：如在總圖書館檢索區有 13 台電腦的情況，檢索區內讀者的等待時間為 0.58958 分鐘(約 35 秒)，滿足讀者所能接受之最大等候時間；平均每台電腦有 0.01988 位讀者在等候，最多只有 2 位讀者在排隊，滿足之前計算之最大等候線長度，統計分析結果如表四。

表四：ARENA 統計報表

ARENA Simulation Results					
Identifier	Average	Minimum	Maximum	Observations	Final Value
Depart 1_Ta	5.7402	.00000	29.150	72	
Server 1_R_Q Queue Tim	.02293	.00000	.58958	78	
Server 1_R Busy	5.7783	.00000	13.000		6.0000
# in Server 1_R_Q	.01988	.00000	2.0000		.00000
Server 1_R Available	13.000	13.000	13.000		13.000

根據本研究調查分析之結果，在讀者到達率 ( $\lambda$ ) 不改變(亦即為固定常數)、讀者所能夠接受之最大等待時間  $W_0 = 3.04$  分鐘、95% 信心水準三項條件均成立下，最大等候線長度(n)為 2 人；台灣大學總圖書館一樓檢索區應該至少配置 13 台以上之電腦，而檢視目前之情況，尚符合此一結論。

## 伍、結語

隨著電腦的普及與讀者檢索需求的提高，圖書館在規劃其圖書館建築時，應注意到圖書館檢索區規劃的相關問題，方能設計出符合讀者需求的檢索區，茲根據本研究之實際調查與分析，提出建議供圖書館作為規劃時的參考：

### 一、空間的規劃與設備的選擇

在空間的使用上，我們發現圖書館中庭末端檢索區(參見圖一)使用率較右側檢索區為高。經過分析歸納發現，其主要的原因在於該區域位於整體空間視覺穿透效果最佳之處，亦即最顯眼的地方，反映其高使用率，而右側的檢索區因視覺受到牆面阻擋，使得使用率相對偏低。鑑此，建議將二檢索區合為一區，並以現有中庭末端為主要集中區。另外，根據本研究調查之結果，在 95% 信心水準之下，目前檢索區的電腦數可容許之等待人數上限為 2 人，若能將現行桌面配置方式旋轉 90 度，一方面使讀者有等待的空間，一方面亦讓讀者輕易了解何處有閒置之電腦可供其檢索，當可發揮檢索區之



最高效能。

以檢索區電腦系統類別細分，根據觀察結果顯示，Window 系統的使用率遠高於 DOS 系統的使用率。主要的原因是前者的使用界面(視窗式)較後者(指令式)友善(Friendly)，而讀者使用時也比較不會有恐懼感。因此，建議圖書館在選擇檢索區的設備時，應將系統界面之親和性納入考慮，或列為改善的方向，必能提高讀者對檢索區服務效率之滿意度。

## 二、劃分檢索區之功能

一般圖書館的檢索區通常不會作功能上之區分，館方大多予讀者自由使用，而經實際觀察的結果發現，讀者利用電腦檢索區之時間有很大的差別，短則幾十秒，長則數十分鐘，其個別檢索時間之分佈相當分散，不但讓排隊者不知要等多久，相對地也降低了檢索區的服務效率。究其原因，最主要的差別在於使用的資源及使用目的不同，例如：查一筆已知書名的館藏資料，可能三十秒內就完成檢索的工作，而查詢某一主題的資料，可能同時會查詢館藏目錄與資料庫，其所需花費的時間相對高出許多。因此，為改善檢索區的服務效率以及讀者的滿意度，可考慮將檢索區作某一程度之功能性劃分，例如：將檢索區分為二大類，一是檢索「館藏目錄」，另一是「資料庫」，由於其檢索的資源不同，使用時間亦會隨之有所差異，然大致而言，所檢索的資源相似度高者，如均為館藏資源，其所需的時間差距亦較小，所以對檢索區作功能性的化分應可提高檢索區的服務水準。

## 三、使用者研究：消弭「排隊」的感覺

一般讀者多反應圖書館檢索區的電腦數量不足，但根據調查結果之統計卻為足夠，此一情形反映出讀者對於實際量與感覺量間的差異，也間接說明了隱性排隊的問題。也就是說，讀者看見檢索區的電腦均有人使用時，除了排隊的選擇外，有人可能就直接到架上以瀏覽的方式找資料，或是在鄰近區域等待，一有空位即前往查詢，此類情況均不會表現出排隊的情況而難以觀察及量化，亦即所謂隱性排隊的現象，而隱性排隊也是影響檢索區服務水準的重要因素之一，因此，如何降低讀者對於「排隊」的感覺，使之不會造成其對檢索區服務之不滿意，是圖書館必須關注的重要課題。透過使用者研究，觀察、分析並了解讀者的使用習慣後，應能實施一些改善措施用以消弭讀者「排隊」感覺，進而提高圖書館檢索區的服務水準。

## 四、後續研究之建議

本研究是以臺灣大學總圖書館為例，進行檢索區內檢索電腦之數量是否足夠的探討，若繼續分析其他之大學圖書館，亦可得到該大學圖書館檢索區內應該配置有多少檢索電腦，並將結果進行迴歸分析，說明一所大學在擁有多少學生的數量時，其圖書館應該配置有多少台檢索電腦。本研究僅是拋磚引玉，期待更多對相關議題有興趣的研究者，繼續研究，希冀集眾人之力，為大學圖書館檢索區配置檢索電腦之數量，建立一參考模型。

(收稿日期：2001年4月27日)

### 致謝

感謝台灣大學總圖書館流通組提供相關統計資料協助本研究之進行。



註 釋：

註 1：楊朝欽、黃明和、潘振雄，「醫院掛號作業效率之決策研究—等候理論之應用」，醫療資訊雜誌 4 (1996)，頁 19。

註 2：Raymond G. Taylor, "Determining the Number of Online Terminals Needed to Meet Various Library Service Policies," Information Technology and Libraries 6:3 (Sep. 1987), pp.197-204.

註 3：Raymond G. Taylor, "Measures of Expected Online Catalog Performance for Public Access Terminals," Information Technology and Libraries 7:1 (Mar. 1988), pp.24-29.

註 4：Jon Warwick, "A Queuing Network Model for Book Circulation," Collection Management 19:1/2 (1994), pp.69-80.

註 5：Jon Warwick, "A Queuing Theory Model for Book Reservations and Circulation," Collection Management 23:1/2 (1998), pp.125-137.

註 6：Michael K. Hui and David K. Tse, "What to Tell Consumers in Waits of Different Lengths: An Integrative Model of Service Evaluation," Journal of Marketing 60 (1996), pp.81-91.

註 7：Charles Terbill, "Queuing Theory and Reference Transactions," Reference Services Review 23:3 (Fall 1995), pp.75-84.

註 8：最大忍耐時間之平均計算公式為：(人數 × 權數 × mins)/45= 平均最大忍耐時間，

$$1 \times \frac{12}{45} + 3 \times \frac{25}{45} + 5 \times \frac{6}{45} + 10 \times \frac{2}{45} = 3.04(\text{min})$$

，所以平均最大忍耐時間約為 3.04 分鐘。

註 9：陳坤茂，作業研究，二版 (台北市：華泰文化，民國 87 年)，頁 472。

註 10：同註 9，頁 473-476。

註 11：同註 9，頁 477。

註 12：245 ÷ 45 = 5.449 (進館次數/檢索次數)

$$126415 \div 399 = 316.83 \text{ (進館人數/小時)}$$

$$316.83 \div 5.11 = 58.24 \text{ (進館人數/分鐘)}$$

$$58589 \div 145 = 404.06 \text{ (進館人數/小時)}$$

$$404.0 \div 5.44 = 74.28 \text{ (進館人數/小時)}$$

$$74.28 \div 60 = 1.24 \text{ (進館人數/分鐘)}$$

