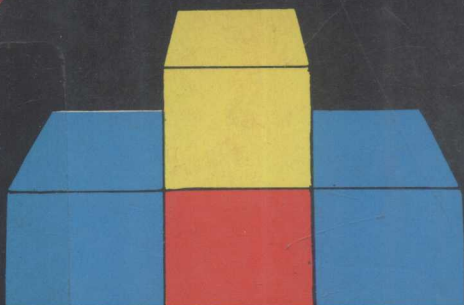
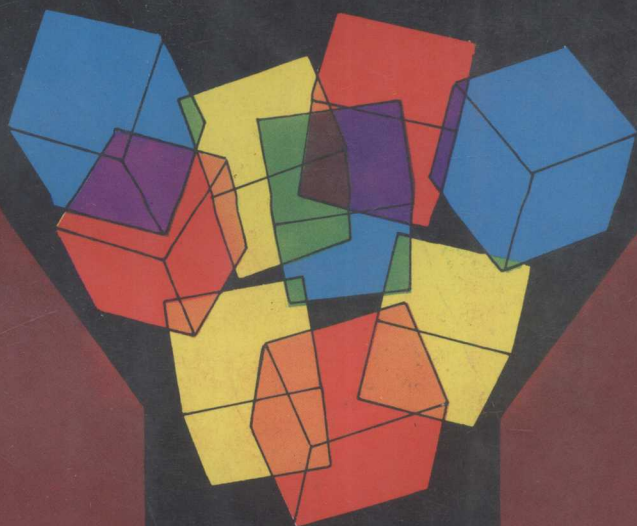


刊叢書

作業研究

黃光明 著



F27
8321

S

001749

作業研究

黃光明 著



S9012054





編 序

作業研究這幾個字現在已成了一個相當熱門的名詞，但這門學問的興起到現在只有三十多年的歷史而已。起先它主要是用在擬具作戰計畫時的參謀作業方面，但現在它的應用範圍已非常廣泛，不僅可用在組織、人事的管理，還可用到工廠的生產策略、交通的管理與調節、都市計畫、國家的經濟大計、國防戰略、所有企業的預算編列、……各方面。它是制定各種計畫的有利工具。

科學月刊於六十一年三月號至十二月號連載了黃光明的先生的「介紹作業研究」專欄，共刊登了八次。在這個專欄中，黃先生接續介紹了存貨問題、分派問題、排隊問題、網路問題、更換問題、搜索問題及賽局論，幾乎包括了所有作業研究範疇內的各項分枝。在介紹賽局論的時候，因為科月六十一年三月號中周興台先生曾為文介紹了二人計零的賽局論，所以黃先生只介紹二人非計零的賽局論及多人賽局論這兩種情形。在結束這一專欄時，黃先生並說明：「作者……在緒論裏，曾列舉了九個單題準備一一介紹。其中時間排定問題和次序排定問題其實並沒有很顯明的區分，所以終於放棄了前者；次序排定問題又和網路問題併為一篇，……」。

現在，本社因鑒於作業研究日益重要，而坊間介紹作業研究的書籍可說絕無僅有，所以將黃先生的專欄重新整理，統一前後的名詞與格式，再補充周興台先生所撰「二人計零賽局論」部分，而編成這一本書，連同緒論合計八篇。

我們希望這一本小書能引起讀者們進一步深入研究的興趣，更希望各行各業的從業人都能從它獲得一些啓示，而注重規畫與設計。

劉源俊 謹識

於科學月刊社
中華民國六十四年四月廿二日

目 錄

第一章	緒論	7
第二章	存貨問題	17
第三章	分派問題	30
第四章	排隊問題	43
第五章	網路問題	55
第六章	更換問題	68
第七章	搜索問題	79
第八章	賽局論	90



第一章 緒 論

1. 作研釋義

作研是 Operations Research 一詞的簡稱，中文亦可作「操作研究」。操作是指人操作物，所以作研是研究人與物在一個組織中的關係和協調，以求用最有效的方法來達到此組織的目的。這種研究有別於純研究物質性質的科學，如物理、化學、電機、土木等。作研的目的通常是以科學方法取得數量化的資料以供一個組織的首腦作有關的決定。

2. 作研的源起和歷史背景

「操作」或「作業」一詞，頗有軍事術語味道。事實上作研這門科學也的確是被二次大戰炮火催生的。這並不是說二次大戰前就沒有作研的活動，不過在有意識、有組織、多方進展蓬勃茁長的前題下，二次大戰是一個重要的分水嶺。我們姑且把二次大戰前一些有關作研的一鱗半爪的記載稱為作研的史前史。

2.1 作研史前史

提倡企業管理科學化的開山鼻祖泰勒在一八八五年出版了一本書，報導他所作若干以科學方法研究生產操作的實驗。其中有一實驗是要決定一個工人一鐘究竟應該鐘多少，才能在一天內鐘最多量而不致過度疲乏。他實驗的結果是一滿鐘東西理想的重量是二十一磅，而當時所用的鐘容量要比這種理想鐘大。應注意的是泰勒並不是要研究新方法製造不同性質的鐘，他研究的是人應該如何運用已有的工具。

排隊理論（作研中重要一環）的創始者丹麥人歐朗，在一九一七年

發表了他對使用電話所需等候時間及打不通電話頻率的研究，英國人監徹斯脫在一次大戰前研究兩交戰國武器數量和武器質能有差異時，戰略上如何應用武器以求勝利而提出他的「N方原則」—即若甲量重於質，乙集中兵力是最佳戰略。美國的愛迪生（電燈發明者）則研究商船應如何迂迴前進以避免德國潛艇襲擊。另有勒文生者因替美國貝恩不耳格百貨公司研究顧客購物習慣（他建議晚上應開門）及貨品陳列方式而獲酬副理寶座。

2.2 第一次工業革命對企業管理的影響

在第一次工業革命前，工廠多半限於小規模的家庭經營式，用人很少有超過五、六個人的，出品也祇是供應本地所需。第一次工業革命帶來了嶄新的動力，新的動力促成了無遠弗屆的鐵路和公路網，工廠的出品可以行銷全國，供給了大規模生產的動機。同時機器大規模生產也可以降低成本，因此工廠迅速擴張，生產的分工在在經濟的原則下變為必需。隨着生產的分工，管理上也需要分工，企業的組織乃被分為生產、推銷、財政、人事、工程、研究發展各部門，再加上地區上的分工（各地分廠），企業的管理就變成一種複雜的專門技術，非當年家庭工業式一人包辦制所能適應的了。這是企業管理需要科學化的背景。但是作研並沒有在工業界適時降世，却反而要等到二次大戰在軍中應「規」而生，這是什麼緣故呢？

2.3 軍隊和企業

工業革命帶給工業的進化也同樣反映在軍隊的進化上。裝具的機械化、軍隊組織在職務上的多元化，如分成供應、運輸、作戰、訓練、情報等等，及區域上的分佈，使得軍隊就像一個大企業一樣。但是有一點不同，工業的進化是漸進的，不斷的實驗新方法新技術新產品，一點一滴的累積和修正，構成了進化的連續性，也使得企業管理者可以逐漸的適應、逐漸的改進、依賴於自己的經驗來解決問題。但是軍隊就不同了。戰爭是一種突變而非延續，軍隊的指揮者在平時也無

法累積到戰時的經驗，面對着進化的軍隊、進化的戰爭、他們有不知所從之感。同時戰爭又是一種生死存亡之鬥，時間上不容許慢慢的適應和發展，因此軍隊就向科學家伸出求援之手了，希望他們以科學的方法來協助軍隊中各種管理、統御、操作的事務。而軍隊又有一項其他企業做不到的方便，就是它可以徵召大批優越的科學家來進行它所指定的任務。

3. 作研在二次大戰中的發展與貢獻

3.1 作研在英國軍中

在二次大戰一開始時英國軍隊就請了科學家來設計雷達（此時剛發明）網的分布及彼此間的協調，警報系統和雷達網的通訊和操作上的改進，以求英國居民能及早得到德國飛機空襲的警報。其中由諾貝爾獎得主布來克主持的一個小組包括三個生理學家、兩個數學物理學家、一個天文物理學家、一個陸軍軍官、一個測量員、一個普通物理學家和兩個數學家，由於組成分子的複雜，人稱之為布來克馬戲團。他們負責研究每個炮位旁的雷達應如何協調及互相傳遞情報以測出德國飛機的高度。另外一組則研究夜間對付空襲的各項操作，著名的解剖學家石克耳門觀測空襲對人體的殺傷及用動物做實驗而獲得了投彈噸位和傷亡人數的比例。可注意的是在二次大戰初期，英國處於挨打局面，所以作研就偏重在加強防禦這方面。

下面幾個實例可以看出作研對英軍的貢獻：英人威廉姆斯教授發現英國空軍對德國潛艇投彈時，多半是當潛艇正要浮起或已浮出水面時，但所用的深水炸彈却要入水一百呎後方爆炸，而炸彈的威力半徑祇有二十呎。英國兵工廠在威廉姆斯建議下，將炸彈改製為入水三十五呎後爆炸（技術限制不能再縮短距離），因而使得擊中潛艇率提高了百分之四百到七百，德國海員竟以為英國使用一種新式炸彈對付他們。

在一九四二年時英國船隊一次航行的平均船隻數目是四十艘而由

六艘護航艦護航。一項作業研究的結果測得如船隊在四十五艘船以下時，一次航行平均損失百分之二點六艘船；在四十五之上時，平均損失百分之一點七艘船，因此開始推行大船隊行動。

3.2 作研在美國軍中

美國很快的從英國的經驗中體認到了作研的重要性，三軍都立刻推行起各階層的作研活動。到二次大戰勝利日止，單是空軍就有二十六個作研單位。下面我們再舉幾個實例，來看看作研對美軍作戰的貢獻。

強生博士領導的作研小組研究在日本本土周圍海面空中佈雷的問題。他們建議用來佈雷的 B—29 型機應該在夜晚飛行高度約五千呎，單獨出航以代替往常的高空編隊出航，好處是佈雷準確性增加，引擎在高空容易損壞的事故減少，編隊飛行的緊張消除，並且日本又缺乏雷達系統及夜間戰鬥機。這建議立被採納而使 B—29 的出事率減低了十倍。日本皇室近衛宮曾說這些祇佔百分之五點七轟炸航次的佈雷措施，對日本的打擊比得上所有其他轟炸的總和。日本的工業家也通知軍方，佈雷所引起的經濟封鎖使得工業界不能再支持戰爭。

海軍的作研組研究出了海面偵察機出巡的最佳路線和間隔班次以代替原來的瞎貓追死耗子方式。執行的結果是班次減少而效果增加。如在一九四四年一月，在整個南太平洋海面每天僅有四次 B—24 長程偵察，竟發現了五艘純粹貨輪。

作研也研究如何躲避日本自殺飛機對船隻的襲擊而建議大船應猛力迂迴躲避，但小船應畢直前進以保持艦炮的射擊角度。事後調查，遵照這一建議的船隻有百分之二十九被擊中，未遵照者百分之四十七被擊中。

4. 戰後的作研

4.1 戰後作研在英美的對比

雖然二次大戰期間作研在英美兩國軍中發展的程度無分軒輊，戰後作研進入民間在兩國的過程却大為不同，主要原因有三：第一是英國本土在戰時受到轟炸，毀損極大，因而戰後的工業很多是從廢墟上重建。新的機構、新的設備、比較有利於新觀念的被接納。相反的美國本土未受戰火侵襲，工業承繼着戰前的格局和步伐，新的企業管理觀念便較不容易被接受。第二是英國戰後淪為二等小國，乃迅速裁軍以把一切力量用作經濟建設，因此軍中的一批作研人才便流入工業界，而帶入新的觀念和技術。美國戰後立即開始和蘇聯進行冷戰，軍備有增無減，很多作研人才仍被延攔在軍中。第三個原因是英國戰後走社會主義路線，好幾個大工業被國有化，政府推行社會計畫和經濟計畫，在在都需要作研的協助。如有名的「政府社會調查組」作了全面性的疾病調查，以明瞭人民健康狀況。美國則不然，自由經濟的社會下就沒有這一類政府推行的作研活動。

4.2 第二次工業革命對企業管理的影響

在一九五〇前後，美國進入了第二次工業革命——自動化——過程。第一次工業革命是機器代替人勞力，而第二次却是機器代替人控制。電子計算機打入了政府各部門和工商界，也因而帶來了組織系統上各種新的問題，這些都超出了企業主管舊有經驗的範圍，乃導致了作研和企管結合的契機。今日美國各大公司差不多都有作研部門或作研性質的研究。另有許多作研顧問公司為小公司服務。在一九五〇左右麻省理工學院、開斯理工學院、哥倫比亞大學及約翰霍卜金斯大學首開作研課程，今天則已普及到一般院校了。

5. 作研的要點和方法

從前面所述及的作研發展的歷史和所從事的研究看來，作研有三特點。第一它是以研究一個系統為目的，它着眼於構成系統的單元祇在於他們和整個系統的關係而不在於他們自己的組成。譬如前面舉例過的英軍作研人員並不研究雷達的構造或改進，他們研究的是如何

運用這些已經有的雷達構成一個有效的雷達網。第二、因為作研要處理一個系統的問題，所以要懂得各種單元性能的人共同合作。因此作研小組常是由各科學家合組而成，如前面提到的「布來克馬戲團」即為一例。第三、作研是以科學的方法來解決一些非常現實的問題，如排隊問題、存貨問題、分派問題、更換問題：這些作研主要的討論範圍，顧名思義即知是非常實際的問題。但是作研提出解決這些問題的方法却是科學的方法，其中最重要的工具是數學。

一般作研的步驟，是先針對問題提出一個近似的數學模式，通常屬於下列一型：

$$E = f(c, u)$$

其中 E 代表效率、 c 是一組可控制的變數、 u 是一組不能控制的變數、 f 是 c 和 u 的函數。然後以數學方法來解，當 c 等於何值時， E 達到最大。

作研固然為已有的數學理論展開了應用的疆域，也因它的特殊需要而增進促成了新的數學內容，如數學規畫，動態規畫，賽局論等。同時因為作研研究人對物的操作，而人的行為有其不可確定性，所以或然率及統計的理論也廣泛地應用在作研上。

6. 作研問題的分類

按照美國作研協會前主席阿考夫的方法將作研問題分為九大類。茲分類並略加解釋如下：

6.1 存貨(Inventory)問題

存貨是指一個廠商已購入（或已製造）而尚未賣出的貨。廠商需要存貨，不然顧客來了就沒有貨賣給他，不但損失了賺錢的機會，也引起顧客的反感而影響將來的買賣。但存貨要有地方放它，要有人管它，要登記帳冊，還可能放太久而損壞或不流行，這些都要花錢，所以存貨也不能太多。因此到底應準備多少存貨，使得因缺貨或因過多而損失的錢減到最少，是存貨理論所要解決的一問題。另外一種有關

成本，是購貨時所要付出的錢；大量購貨是否可享折扣？有多少錢是每次購貨時必須用出而與購貨數量無關的？（如購貨表格、採購時來往信件或電報電話的費用等等，除了本身所費外還要加上雇人辦事的薪水。）這些問題影響到應該多購幾次每次數量較少呢？還是減少訂購次數而增加訂購數量。下面舉一個存貨問題最簡單的例子。

一報童每日晨以一元一份價錢向報館買報而以兩元一份賣出。但當天未賣出的報祇能以五角一份退還給報館。假如該報童根據以往經驗測得每日售報三十份、三十五份、四十份、四十五份的可能各為四分之一，他應向報館購入幾份報使得他平均（長期實行）賺得的錢最多。

6.2分派(Allocation)問題

分派是指分派各種資源給各種任務以產生最大的利益。因條件的不同，分派問題又可分为三類。

第一類是資源的數量可以完成所有任務，但有不同的方法來分派資源，所以我們要找出最好的分派方法。如指派五個人（資源）去分別擔任五件工作，每人適合每件工作的程度可以打一個分數表示，現在要找出總分最高的指派辦法。這種一種資源一件任務的問題就叫做指派（assignment）問題。如果一種資源可以分派給幾個任務，一件任務也可以用幾種資源，則稱為分配（distribution）問題，運輸（transportation）問題即一特例。茲舉一例：公司在 $A、B、C$ ，三地有廠製造 $X_A、X_B、X_C$ 數量之貨供應 $E、F、G、H$ 四地之需。假設四地各需 $Y_E、Y_F、Y_G、Y_H$ 之數量且 $X_A+X_B+X_C=Y_E+Y_F+Y_G+Y_H$ ，而自 i 廠到 j 地的運輸費用為 C_{ij} ，問各廠應運多少貨至各地使運輸費用最小。當資源間的單位不一樣時（如資源是不同機器的可使用時間），問題就更複雜了。

第二類問題是當資源不足以完成所有任務時。這時除了決定如何分派最有利於完成任務，還要決定那些任務應被完成。一個公司如何將有限的經費分派給各種可能的研究計畫的問題即屬於此類。

第三類問題是當資源的增減可以被決策者控制時。如公司決定要

用多少推銷員，每個推銷員負責那些地區等。

6.3排隊(Queuing) 問題

一個排隊系統包括三要件。第一是顧客的來源及進入排隊系統頻率的假設，譬如假設在一短時間內，沒有顧客進入排隊系統的機率是 P ，有一個顧客的可能是 $1 - P$ ，二個或以上顧客的機率是零等。第二是排隊的規定，如先排先輪到或不排隊而隨便指定，或按照顧客的重要性而定先後等。第三是服務人員的數目及服務一位顧客所需時間的假設（普通設為一隨機變數）。一個很常遇到的排隊例子就是理髮。理髮師多，自然顧客等候的時間就少，但相反的就常常會有理髮師閒着等顧客的情形。應用排隊理論，先要測出顧客的出現率及理髮所需時間的分佈函數，然後根據理髮師的數目和排隊的規則可以算出一個顧客平均要等多久，一個理髮師平均閒着多久。另一方面決策者可依照他所認為適當的顧客等候時間及理髮師空閒時間來決定理髮師的數目。

可注意的是有些存貨問題可以看成是排隊問題。一件一件的存貨就是一個一個閒着的服務員，購貨者也就是來接受服務的顧客，購貨者先來先買也就是排隊者先來先輪到，缺貨時就是服務員都忙着而排隊者需等候的時候。

6.4時間排定(Scheduling) 問題

在排隊問題中，如果顧客的出現率可以被控制，則這問題就變成時間排定問題。舉一個例假如在某一醫生診所，病人無須事先訂約即可隨時前往，則研究病人平均要等候的時間及醫生的閒時屬於排隊理論範圍。但如病人須訂約而醫生因此可以控制病人出現時間，則研究如何根據每個病人需要來排定約會時間，減少醫生病人互等的時候即屬於時間排定問題。

最新流行的 PERT——計畫執行進度考定複審術和 CPM——要道方法都是時間排定問題的一些特例。

6.5次序排定(Sequencing) 問題

次序排定問題在控制顧客（廣義）出現的次序而與時間排定（控

制時間)問題有別。最有名的一個例子就是「旅行售貨員」問題。假設一個售貨員要跑遍全國 N 個大城，他應該走那一條路線使得他的整個行程為最短。另外一個在工業上應用的例子是在用零件裝配成一部汽車(或收音機等)時，應該照什麼次序來一步步的裝配。

6.6 網流(Network flows) 問題

網路理論源於電機工程學。網由一組點和點間的連線構成，連線上可能有一些數字來代表從一點到另一點的距離、時間、旅費，或者代表這條線路的容量，通常網有一個起點和一個終點，其中一大類問題是要決定從起點到終點最短(最快、最便宜)的路線，另一大類問題是將每一條線看成水管，然後討論從起點放水經過這些水管，在每一瞬間最多有多少水可以流到終點，這流量當然和各水管的容量有關。

談到網路問題，不可避免的要介紹一些圖形理論，因為前者是後者的一分支，所用的語言也是後者的語言。

6.7 更換(Replacement) 問題

更換問題有兩大類。第一類是討論逐漸變壞而減低使用價值的東西，像汽車、機器、吸塵器等，東西愈舊，保養費用愈高；但另一方面換新的又需要一大筆投資。因此如何決定一個理想的更換時候是一個值得考慮的問題。這一類問題是每一個家庭作支出預算時都會遇到的。第二類更換問題是討論：沒有壞的時候效率幾乎固定而一旦壞了就完全不能用的東西，像燈泡、真空管、車胎等這些東西愈舊，壞的可能也愈大。常常碰到的一個現象是這些東西本身的價值不高，但一旦壞了可能引起整個機器的停工而造成很大的損失。這時值得考慮的是在用了一定時間後，不管它壞不壞都把它換掉雖然浪費了一些好的零件，但也減少了整部機器停工的損失。

6.8 搜索(Search) 問題

在找東西的時候，普通會有兩種誤差。第一是由於搜索面不夠週全而引起的抽樣誤差，第二是找了而沒有找到「視而不見」式的觀測



誤差譬如說在搜索敵人潛艇時，如果派飛得很低很慢的飛船去找，則搜索的地區很有限，但是因為看得仔細弄錯的機會也少。如果派飛機時，在同樣的時間內可以搜索很大的區域。但因飛得太快，搜索的可靠性就要打折扣了。搜索理論就是要研究如何平衡這兩種誤差而達到最佳搜索效果。其他搜索問題的例子包括查帳、品質管理檢驗，及許多資訊理論方面問題。

6.9 競爭(Competitive)問題

上面提到的八種問題都是一個決策者面對一種情勢如何應付的問題。決策者的措施不見得導致必定的結果。因為有些因素可能是決策者不能控制的。但至少「情勢」本身是沒有意志的，是不會對決策者的措施協助或反擊的。競爭問題却是討論一個決策者面對其他決策者的問題。最現成的例子就是下棋或任何其他二人以上的遊戲。因此討論競爭問題的理論也叫做賽局(Game)理論。事實上這裏對賽局一詞的範圍應該看得很廣，社會上各種問題常常是由於幾方面的利害衝突，商業和工業上的競爭，國與國的聯合或作戰，這些都可看成是幾個角色在從事一種遊戲——也許是一種很嚴肅很致命的遊戲。

以上的分類祇是爲了使決策者容易認清問題特性的一種方法。事實上許多作研問題不易歸入以上任何一類或者是好幾類問題的併合。同時這種分類是根據問題性質的分類而非數學方法上的分類，雖然其中好幾種問題的探討都因而導致了數學上的一種對應理論。