Hillier
Lieberman
SECOND EDITION

INTRODUCTION TO OPERATIONS RESEARCH

作業研究導論

上　冊

葉　梓　譯



東華書局印行

HILLIER
LIEBERMAN
SECOND EDITION

INTRODUCTION TO OPERATIONS RESEARCH

作業研究導論

下　冊

葉　梓　譯

東華書局印行

版權所有・翻印必究

中華民國六十五年八月　初版

大學用書

作業研究導論（全二冊）

上冊　定價新臺幣 ~~一百五十元~~ 120 整

（外埠酌加運費匯費）

著　者　Hillier & Lieberman

譯　者　葉　梓

發行人　卓　鑫　淼

出版者　臺灣東華書局股份有限公司
（臺灣臺北市博愛路一〇五號）

印刷者　中台印刷廠股份有限公司
（臺中市公園路三十七號）

內政部登記證　內版臺業字第一〇三一號
(65026)

作業研究導論

Second Edition

上　冊

Frederick S. Hillier
Gerald J. Lieberman　原著

葉　梓　譯

東華書局印行

作業研究導論

Second Edition

下 册

Frederick S. Hillier
Gerald J. Lieberman 原著

葉 梓 譯

東華書局印行

序

本書第一版普獲反應，作者深感喜悅，無時或已。另一方面，每年有成千成萬之學生經由本書入探作業研究之域，作者有察及此，彌覺責任重大。因此，作者於由無數教師與學生獲得反饋後，竭力從事本教材之修正與改進，以爲再版之用。其間所費時間與精力，與撰寫初版時所費者相較，無不及焉。惟有人詢以此次修訂有何"大更張"，則覺說明不易！諸章節標題，大體未改。闡述方針，大致仍與初版相同。各節內容，甚多未經重大之改變。唯一之大更張，實即在於無數之小改進。在可加性原則(principle of additivity)適用於此之信念下，作者希望並期待，此等小改進累積而使本書在啓發上與闡釋上皆能盡其功能，而成出衆好書。

最爲明顯之改變之一，爲直線規畫之應用一章之增列，其目的在於強調直線規畫術應用之重要。有數章並經完全重寫，以使教材更爲簡單明瞭。此外並有新節次之增添與舊節次之更新，藉以反映新趨勢與新發展。問題數大約加倍，並選出一部分附列其答案於卷尾。書中強調作業研究各種方法間之關係，以不同之方法求得同一問題之解。可靠性一章頗短，爲唯一包含全新題材者。作者以爲，此項論題日益重要，故應予列入本書內。

書中例題甚多，逼眞有趣，皆係精心之作。其中有涉及當代社會問題者，此種問題爲今日一代之大學生所關注。其他例題則係有關傳統性大規模企業問題等方面者。無論何種例題，撰擬之時，皆求其合乎各種學生之興趣。

對於傾向實用而數學素養未甚充足之學生言，此等例題應可使本

書更爲易讀而有趣。再版對於問題模式製作以及其他應用上之考慮，亦較初版更爲着重。然而，作者仍以爲，作業研究之基本理論，以數學方式說明之，最能使讀者了解與認識。因此，再版之寫作，仍針對與初版相同之讀者，即針對多種學門（工程、企業、數學科學、社會科學等），往往寧可適度使用數學而不喜過度冗言之學生。

惟本書所用之數學限於較爲基本者。第二章至第七章討論數理規畫（第一篇），所需數學不超過高中代數。第二篇（第八章至第十五章）說明機率性模式，宜有較多數學訓練始易了解。第二篇之若干部分，學習時無需另曾修習其他數學科目，惟其中有數處假定讀者具有初級微積分之基本知識，而由修習初級微積分所達成之數學程度亦屬有用。第八章介紹所需機率理論之初步，亦可作爲一種復習，但前此若曾習機率，則有助益。第三篇（第十六章至第十八章）討論數理規畫高深課題，目的在供欲於數理規畫之基本教材之外作進一步學習之學生研讀之用；此篇之研讀，亦需具有由修習微積分所達成之數學程度。此外，第三篇有一部分用及若干基本矩陣運算（在附錄之一加以復習）。

有多種方法可由本書摘取教材作爲一課程教學之用。本書分爲三篇，由淺入深。故適合多種程度之學生研讀。主要對象爲大三或大四學生以及第一年（碩士級）研究生。本書伸縮性甚大。第一篇或第一、三兩篇（論數理規畫）之教學，與第二篇（論機率性模式）之教學，根本可以互不關連。同時，第一、三兩篇各章之間，大致互無關係，唯一之例外爲，此兩篇之各章皆用及第二章所提出之基本教材。第二篇內各章之取捨，亦頗有彈性，惟其中教材之配合，亦有數種方法。

用第一章至第十五章之部分教材——例如，第一章至第七章、第九章至第十一章、及第十五章之大部分（此係假定研習第九至第十五章者已修基本機率理論；否則，需另增時間以講授第八章之材料）

一可以構成含有數理規畫與若干機率性模式之概要性課程，於一學季（40小時）或一學期內授畢。第一章至第十五章（第八章除外）之大部分教材，可作爲二學季概要性課程講授（60小時）。第一章至第四章與第十六章，構成一直線規畫（一學季）課程之優異基礎。第五至七章與第十七至十八章含有另一其他確然性模式（一學季）課程之各種課題。第九至十五章含有機率性模式之各種課題，適於作爲一（一學季）課程講授。上述最後三課程（本書內之全部教材），事實上可予視爲作業研究方法之一學年基本課程，構成一套碩士課程之核心。此諸課程目前皆在史丹福大學開授，並依上述方式採用本書爲教本。以上討論各章內容時，未言及第十九章，作業研究考察之計畫。第十九章與初版之第二章類似，惟今列於書末而不列於卷首。作者認爲，學生於了解各種可用以解一問題之方法後，始能進而了解如何計畫一項作業研究考察。如此較諸於學生未知作業研究爲何物之前討論作業研究考察爲宜。因此，作者建議，在上述每一課程之末講授此章，以使學生得以綜觀各該課程所授教材；惟教師若認爲宜先予講授，自亦無不可。

對本書之修訂再版有所貢獻之人士甚多，作者受惠綦深。就第一版提出有益評語者，委實太多，無法於此一一列出，惟Colin Bell與Andrew Stedry之評論特具啓發性。有數人曾閱讀再版用稿之一部分並提出甚多有價值之建議，作者於此特致謝忱。此等人士包含David Butler, Richard Cottle, Cyrus Derman, Bruce Faaland, J. Michael Harrison, Donald Rosenfield, Seldon Ross, 與Andrew Shogan。亦包含甚多使用再版初稿並提出澄清性建議之學生。此外，Gail Lemmond, Paula Matthews，與Chris Verhoeven從事終稿之打字，作者表示謝意。作者亦受海軍研究處（Office of Naval Research）與國家科學基金會（National Science Foundation）之惠；此二機構曾資助作者研究，

其研究結果包含在等候理論與可靠性各章內。

最後，一如在初版，作者對作者之妻Ann與Helen 在編輯方面與打字方面之援助再致謝意，又對渠等以及我等之子女David, John, 及Mark Hillier與Janet, Joanne, Michael, 及Diana Lieberman之鼓勵與諒解致謝，渠等使作者使用實屬於渠等之時間於再版之撰寫。

FREDERICK S. HILLIER
GERALD J. LIEBERMAN

史丹福大學
一九七三年十一月

譯者序

去年中秋自新陸歸，獲東華書局函示前譯初等會計學(下冊)「深獲讀者喜愛」，邀「再撰譯兩本好書」。旋商定先譯本書。

翻譯工作本來困難重重。作業研究一科，歷史短、發展速、而牽涉廣。本書翻譯之困難，因而更增數重。尤以其中術語，有沿襲諸有關學門者，亦有其本身所獨具者，更有作者所自創者。職是之故，縱在原(英)文文獻，各家之間用辭已未盡一致，中文譯名益見紛歧。幸承東華書局編審部供應數學名詞(中華民國六十年六月教育部公布)等書籍二、三十冊，對本譯本所用譯名之取決，助益甚大。此外並屢"游擊"彰化、台中、台北各書店，又常"涉足"逢甲學院、台大、美國新聞處(台北及台中)諸圖書館，翻閱各種有關書籍，以參酌決定適當譯名。

譯名之酌定，以襲用已有譯名之中爲譯者所最常見並認爲最適當者爲原則，採自數學名詞者尤多。惟亦有例外。此等例外，初擬以譯註一一說明。但終覺譯註過多，亦有未妥。爰在此擇舉出現於本書前端(第二章)者二則，敍其譯名酌定元由，以概其餘：

(1) Linear programming —— Linear 一詞之譯名，以"線性"或"線型"爲多，猜係旨在強調其爲形容詞。惟線有直線與非直線之別，而 linear programming 之特徵在於其模式中諸式皆須爲一次(直線)式。其有非一次式者，則另有 non-linear programming 之術。故在譯名中似應強調其直與非直。而且，"直線"一詞置於"規畫"之前，自具有形容詞之性質。當然，一次式之爲二元者始爲直線，其爲三元者則爲平面(plane)，其爲四元或四元以上者爲超平面(hyperplane)，而 linear programming 不限於二元。故嚴格言之，似以譯爲"一次規畫"爲最妥。惟英文中概以 linear

programming 稱之，並無所謂“planar programming”，“hyperplanar programming”等詞，而“一次規畫”一詞似易引起“僅規畫一次”或“第一次規畫”之錯覺。

(2) Sensitivity analysis ——Sensitive 一詞，依 Webster's Third New International Dictionary 所列第一義（“conveying or receiving sense impressions”），包容感覺之傳送與收受。Sensitivity analysis 係用以測量參數值之變動對模式解之影響者。參數值之變動可能引起模式解之變動；參數爲“感覺之傳送者”（主動），模式解爲“感覺之收受者”（受動）。Sensitivity analysis 之一般譯名爲“敏感度分析”或“敏感性分析”，僅表達其受動面，其主動面則完全未經顧及，似不能表明此種分析之一中心目的——測量引起模式解（可能最優決策）變動之參數值變動程度。吾人譯之爲“感應分析”，其中“感”字取其主動義，作用如“感人的故事”中之“感”字，（“敏感”之“感”字則用其受動義），“應”字則顯然爲受動。然則主動與受動二面均予表明，似較適切，而又滿足術語所應具備之另一條件——簡明。又吾人將 sensitive parameter 譯爲“牽動性參數”，以表達其產生影響，“傳送感覺”之主動面意義。若拘於一般英漢辭典所列 sensitive 一詞之受動面意義而譯爲“敏感參數”，或因 sensitivity analysis 之譯爲敏感性（度）分析而譯之爲“敏感性參數”，則將主動與受動地位顚倒，因“敏感”一詞僅可用以形容受影響者（解，決策）受影響之緩速或程度。

課文中公式之說明與導出，例題之演算、列表與圖示，以及各段文字敍述，逐譯之時，均加核驗。如有舛誤，其有多種可能修正方式者，以譯註一一列出，否則逕予修正譯列，其中大多數並以譯註註明。問題未必可以核驗，惟亦發現若干錯誤或欠妥處，其中有依原文譯列而以譯註說明者，亦有逕予修正譯列而未加譯註者，視其性質而定。問題選答之核算需時不長者亦予核算，誤處亦予註明。

魯魚亥豕型之錯誤，無論爲出現於課文、問題或其他部分者，均

逕依正確者譯出，然後視其性質予以譯註（如 constraint 之誤爲 constant）或不予譯註（如 if 之誤爲 it）。

除以上所述者外，尚有下列二種譯註：

(1) 未予中譯之用作式中符號之英文字之說明。如第 8.12 節之 variance 。

(2) 各種註釋。如第 2.10 節所稱 the original Wyndor glass Co. problem（原溫達玻璃公司問題）與 the original problem（原題）似同（後者亦係由原溫達玻璃公司問題更改而得者）而實異，故以譯註分別予以指明，以免混淆。

譯本中之腳註有二種：㈠原書中之腳註，以 $^{1,2,\cdots}$（不致誤爲符號或數之一部分者）或 †,‡（標於符號或數字之右上方者）標明。㈡譯註，以①或②等標明。

人名之在課文中較常用者（其中大多數用爲方法之名稱）始予中譯。用以名機率分配之希臘文或英文字母，以未予中譯者爲多。

除前述參考書籍之蒐供外，打字稿之前三次校對與中文索引之編製，亦皆爲東華書局徐副總編輯萬善先生及其麾下一幫俊秀之功業。徐先生等在打字稿校正紙上註有問號處，莫不引起譯者三思，其中且有造成全句之最後修改者。

譯者所學極爲有限，中英文能力亦均大有未足，本譯本中疏漏之處自所難免，懇請讀者不吝指正。

葉 梓

民國六十五年七月於犂舍

序

本書第一版普獲反應，作者深感喜悅，無時或已。另一方面，每年有成千成萬之學生經由本書入探作業研究之域，作者有察及此，彌覺責任重大。因此，作者於由無數教師與學生獲得反饋後，竭力從事本教材之修正與改進，以爲再版之用。其間所費時間與精力，與撰寫初版時所費者相較，無不及焉。惟有人詢以此次修訂有何"大更張"，則覺說明不易！諸章節標題，大體未改。闡述方針，大致仍與初版相同。各節內容，甚多未經重大之改變。唯一之大更張，實即在於無數之小改進。在可加性原則(principle of additivity)適用於此之信念下，作者希望並期待，此等小改進累積而使本書在啓發上與闡釋上皆能盡其功能，而成出衆好書。

最爲明顯之改變之一，爲直線規畫之應用一章之增列，其目的在於強調直線規畫術應用之重要。有數章並經完全重寫，以使教材更爲簡單明瞭。此外並有新節次之增添與舊節次之更新，藉以反映新趨勢與新發展。問題數大約加倍，並選出一部分附列其答案於卷尾。書中強調作業研究各種方法間之關係，以不同之方法求得同一問題之解。可靠性一章頗短，爲唯一包含全新題材者。作者以爲，此項論題日益重要，故應予列入本書內。

書中例題甚多，逼眞有趣，皆係精心之作。其中有涉及當代社會問題者，此種問題爲今日一代之大學生所關注。其他例題則係有關傳統性大規模企業問題等方面者。無論何種例題，撰擬之時，皆求其合乎各種學生之興趣。

對於傾向實用而數學素養未甚充足之學生言，此等例題應可使本

書更爲易讀而有趣。再版對於問題模式製作以及其他應用上之考慮，亦較初版更爲着重。然而，作者仍以爲，作業研究之基本理論，以數學方式說明之，最能使讀者了解與認識。因此，再版之寫作，仍針對與初版相同之讀者，即針對多種學門（工程、企業、數學科學、社會科學等），往往寧可適度使用數學而不喜過度冗言之學生。

惟本書所用之數學限於較爲基本者。第二章至第七章討論數理規畫（第一篇），所需數學不超過高中代數。第二篇（第八章至第十五章）說明機率性模式，宜有較多數學訓練始易了解。第二篇之若干部分，學習時無需另曾修習其他數學科目，惟其中有數處假定讀者具有初級微積分之基本知識，而由修習初級微積分所達成之數學程度亦屬有用。第八章介紹所需機率理論之初步，亦可作爲一種復習，但前此若曾習機率，則有助益。第三篇（第十六章至第十八章）討論數理規畫高深課題，目的在供欲於數理規畫之基本教材之外作進一步學習之學生研讀之用；此篇之研讀，亦需具有由修習微積分所達成之數學程度。此外，第三篇有一部分用及若干基本矩陣運算（在附錄之一加以復習）。

有多種方法可由本書摘取教材作爲一課程教學之用。本書分爲三篇，由淺入深。故適合多種程度之學生研讀。主要對象爲大三或大四學生以及第一年（碩士級）研究生。本書伸縮性甚大。第一篇或第一、三兩篇（論數理規畫）之教學，與第二篇（論機率性模式）之教學，根本可以互不關連。同時，第一、三兩篇各章之間，大致互無關係，唯一之例外爲，此兩篇之各章皆用及第二章所提出之基本教材。第二篇內各章之取捨，亦頗有彈性，惟其中教材之配合，亦有數種方法。

用第一章至第十五章之部分教材——例如，第一章至第七章、第九章至第十一章、及第十五章之大部分（此係假定研習第九至第十五章者已修基本機率理論；否則，需另增時間以講授第八章之材料）

——可以構成含有數理規畫與若干機率性模式之概要性課程，於一學季（40 小時）或一學期內授畢 。第一章至第十五章（第八章除外）之大部分教材，可作爲二學季概要性課程講授（60 小時）。第一章至第四章與第十六章，構成一直線規畫（一學季）課程之優異基礎。第五至七章與第十七至十八章含有另一其他確然性模式（一學季）課程之各種課題。第九至十五章含有機率性模式之各種課題，適於作爲一（一學季）課程講授。上述最後三課程（本書內之全部教材），事實上可予視爲作業研究方法之一學年基本課程，構成一套碩士課程之核心。此諸課程目前皆在史丹福大學開授，並依上述方式採用本書爲教本。以上討論各章內容時，未言及第十九章，作業研究考察之計畫。第十九章與初版之第二章類似，惟今列於書末而不列於卷首。作者認爲，學生於了解各種可用以解一問題之方法後，始能進而了解如何計畫一項作業研究考察。如此較諸於學生未知作業研究爲何物之前討論作業研究考察爲宜。因此，作者建議，在上述每一課程之末講授此章，以使學生得以綜觀各該課程所授教材；惟教師若認爲宜先予講授，自亦無不可。

對本書之修訂再版有所貢獻之人士甚多，作者受惠綦深。就第一版提出有益評語者，委實太多，無法於此一一列出，惟 Colin Bell 與 Andrew Stedry 之評論特具啓發性 。有數人曾閱讀再版用稿之一部分並提出甚多有價值之建議，作者於此特致謝忱。此等人士包含 David Butler, Richard Cottle, Cyrus Derman, Bruce Faaland, J. Michael Harrison, Donald Rosenfield, Seldon Ross, 與 Andrew Shogan 。亦包含甚多使用再版初稿並提出澄清性建議之學生。此外，Gail Lemmond, Paula Matthews , 與 Chris Verhoeven 從事終稿之打字，作者表示謝意 。作者亦受海軍研究處（Office of Naval Research）與國家科學基金會（National Science Foundation）之惠；此二機構曾資助作者研究，

其研究結果包含在等候理論與可靠性各章內。

最後，一如在初版，作者對作者之妻Ann與Helen 在編輯方面與打字方面之援助再致謝意，又對渠等以及我等之子女David, John, 及Mark Hillier與Janet, Joanne, Michael, 及Diana Lieberman之鼓勵與諒解致謝，渠等使作者使用實屬於渠等之時間於再版之撰寫。

FREDERICK S. HILLIER
GERALD J. LIEBERMAN

史丹福大學
一九七三年十一月

譯者序

去年中秋自新陸歸，獲東華書局函示前譯初等會計學(下冊)「深獲讀者喜愛」，邀「再撰譯兩本好書」。旋商定先譯本書。

翻譯工作本來困難重重。作業研究一科，歷史短、發展速、而牽涉廣。本書翻譯之困難，因而更增數重。尤以其中術語，有沿襲諸有關學門者，亦有其本身所獨具者，更有作者所自創者。職是之故，縱在原(英)文文獻，各家之間用辭已未盡一致，中文譯名益見紛歧。幸承東華書局編審部供應數學名詞(中華民國六十年六月教育部公布)等書籍二、三十冊，對本譯本所用譯名之取決，助益甚大。此外並屢"游擊"彰化、台中、台北各書店，又常"涉足"逢甲學院、台大、美國新聞處(台北及台中)諸圖書館，翻閱各種有關書籍，以參酌決定適當譯名。

譯名之酌定，以襲用已有譯名之中爲譯者所最常見並認爲最適當者爲原則，採自數學名詞者尤多。惟亦有例外。此等例外，初擬以譯註一一說明。但終覺譯註過多，亦有未妥。爰在此擇舉出現於本書前端(第二章)者二則，敍其譯名酌定元由，以概其餘：

(1) Linear programming —— Linear 一詞之譯名，以"線性"或"線型"爲多，猜係旨在強調其爲形容詞。惟線有直線與非直線之別，而 linear programming 之特徵在於其模式中諸式皆須爲一次(直線)式。其有非一次式者，則另有 non-linear programming 之術。故在譯名中似應強調其直與非直。而且，"直線"一詞置於"規畫"之前，自具有形容詞之性質。當然，一次式之爲二元者始爲直線，其爲三元者則爲平面(plane)，其爲四元或四元以上者爲超平面(hyperplane)，而 linear programming 不限於二元。故嚴格言之，似以譯爲"一次規畫"爲最妥。惟英文中概以 linear