

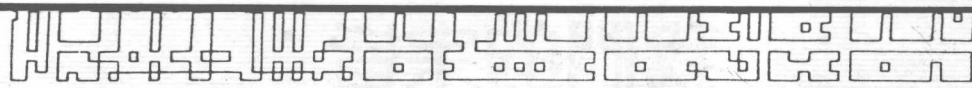
FUZZY實用化範例—用C語言

楊英魁博士 校閱
中國生產力中心 編譯
技術引進服務組

FUZZY



全華科技圖書股份有限公司 印行

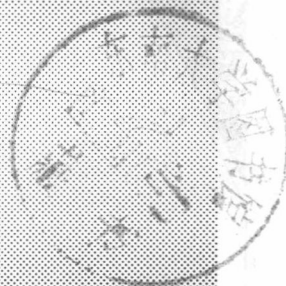


FUZZY實用化範例—用C語言

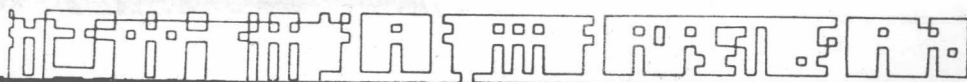
楊英魁博士 校閱
中國生產力中心 編譯
技術引進服務組



FUZZY



全華科技圖書股份有限公司 印行



國立中央圖書館出版品預行編目資料

FUZZY 實用化範例：用 C 語言 / 中國生產力
中心技術引進服務組編譯，-- 初版.-- 臺
北市：全華，民 80
面；公分
譯自：C 言語による実用ファジブック
ISBN 957-21-0141-2 (平裝)

1. 應用數學

319.4

80002715

法律顧問：蕭雄淋律師

FUZZY 實用化範例—用 C 語言

楊英魁 博士 校閱
中國生產力中心 編譯
技術引進服務組

定價 新台幣 220 元

再版 / 81 年 6 月

圖書編號 0222132

版權所有·翻印必究

出版者 / 全華科技圖書股份有限公司

地址：台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話：5071300(總機) FAX:5062993

郵撥帳號：0100836—1 號

發行人 / 陳 本 源

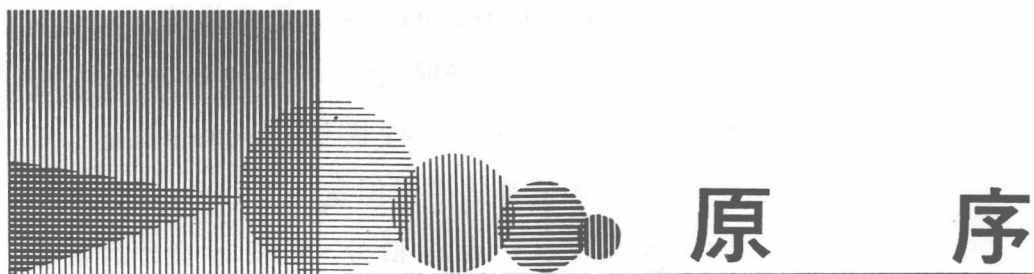
印刷者 / 宏懋打字印刷股份有限公司

我們的宗旨：

提供技術新知
帶動工業升級
為科技中文化再創新猷

資訊蓬勃發展的今日，
全華本著「全是精華」的出版理念
以專業化精神
提供優良科技圖書
滿足您求知的權利
更期以精益求精的完美品質
為科技領域更奉獻一份心力！

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！



處理諸如自然語言所具有之「不明確」、「模糊性」的理論——Fuzzy 理論，現今已是衆所注目的焦點，其應用例子從控制系統到證券投資，所包括之範疇相當廣泛。

Fuzzy 理論之應用，首先必須判斷其對象是否適用 Fuzzy 理論，再其次才來思考如何應用 Fuzzy 理論。

本書嘗試儘可能以淺顯易懂的方式解說 Fuzzy 理論，讓有意應用 Fuzzy 理論的讀者，以及初次接觸 Fuzzy 理論的人都能對 Fuzzy 理論有所了解。

本書特意命名為「實用 Fuzzy Book」，因此在執筆之初，已經考慮到各種實用狀況，例如：針對現場之現實問題，考慮應如何應用 Fuzzy 理論，是否能應用 Fuzzy 理論，以及如何具體應用 Fuzzy 理論……等。

本書原則上是以「定義」、「說明」、「例子」

三步驟為基本架構。為使印證解說更加明確，多方引用參考文獻，若有疏漏之處，敬請見諒。

本書所討論的範圍限定於 Fuzzy 集合、語文變數和 Fuzzy 命題、Fuzzy 關係、Fuzzy 推論。於是在 Fuzzy 領域亦佔相當份量的 Fuzzy 相位空間、Fuzzy 測定、Fuzzy 積分、Fuzzy 數理計算法、Fuzzy 意志決定……等，並不在本書討論範圍之內，特此說明。

第一章到第四章有關 C 語言的程式報表特編排於第五章，主要乃因 Fuzzy 應用，必須採用電腦處理。而本書所列之阿拉伯演算法只不過為一現例，還望讀者同好不吝指教，並祈惠告更好之阿拉伯演算法。

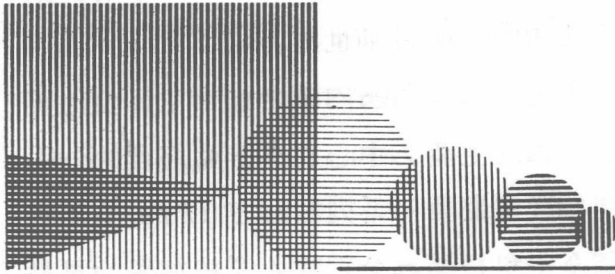
最後，在本書出版之際，謹向以下對本書提供多方協助者深表謝忱。

多方提供寶貴意見之東京工業大學系統科學助教——室伏俊明先生；特以文字處理機整理拙著原稿之東京工業大學系統科學碩士——淺見真人先生；在第五章程式開發方面，提供助益良多的——春日美江先生；對本書之企劃、整體架構提供寶貴意見，並一再耐心候稿的——加藤明宏先生。

三矢直城

田中一男

(江斐倩 譯)



序 言

Fuzzy 理論源於美國，却盛行於日本和中國大陸，尤其是日本，經過多年的努力，已將 Fuzzy 觀念應用於各企業層面、工業生產控制和日常生活的領域裡，「Fuzzy 控制」在日本已成為高附加價值的代名詞，國內近來也開始有日本的 Fuzzy 產品進口銷售。

爲了面對全球的競爭，也爲了加速國內產業的升級，中國生產力中心總經理石滋宜博士，早在三年前即積極推動 Fuzzy 科技之引進，同時配合經濟部科技顧問室的國外技術移轉計劃，指示成立 Fuzzy 小組，將此一觀念和技術引進到國內。經過這期間的努力，從每次 Fuzzy 研討會參加者的熱忱，可感受到 Fuzzy 理念已開始在國內學術研發與產業各界受到重視。

技術引進之重點應在於落實生根與全面性的普遍應用，而科技書籍的技術交流應是最重要的工具之一

，鑒於國內坊間有關 Fuzzy 的書少之又少，有少數幾本也都以英文書寫，而目前世界各國 Fuzzy 應用方面書籍最多的是日本，對國內讀者而言，日文比英文更難以接受，因此生產力中心在吳吉生經理的全力支持下，乃開始策劃翻譯一系列有關 Fuzzy 方面的好書，並商請全華科技圖書公司陳本源總經理共同推廣，冀望能加速 Fuzzy 理念與應用技術普及於國內各界，真正的在國內生根結果。

本系列書雖經過多次的仔細校對，然才疏學淺，如有疏漏之處，尚祈海內外先進不吝指教，甚幸！

楊英魁 謹識

校閱者小傳

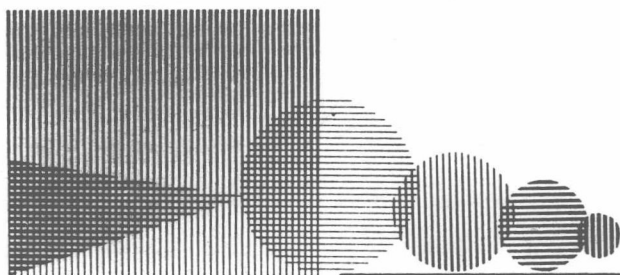
姓名：楊英魁(民國43年生)

現職：工業技術學院工程技術研究所電機學程副教授
中國生產力中心 FUZZY 小組專家系統開發顧問

學歷：美國普渡大學電機博士
美國普渡大學電機碩士
美國北達科塔州立大學電腦碩士
交通大學電腦學士

經歷：美國 CYCARE SYSTEMS INC. 主任工程師二年
美國 HARRIS COPORATION 專家系統開發主任工程師四年
美國 RCA 公司 MOUNTAINTOP 廠專家系統開發指導顧問
美國 HEURISTIC MANUFACTURING CORP. 專家系統開發指導顧問

專長：人工智慧、專家系統、資料庫



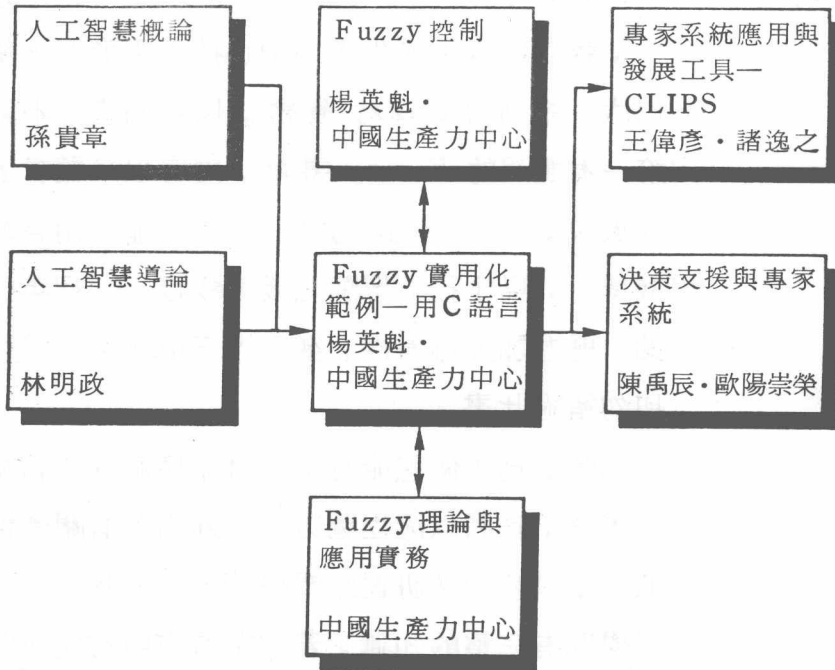
編輯部序

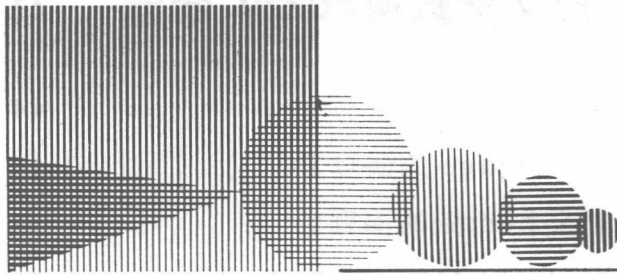
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

Fuzzy 是近幾年來各國學術界熱門研究的課題之一，我們特與中國生產力中心技術引進服務組合作，出版一系列的 Fuzzy 叢書，以饗讀者。本書係國內第一本實用的 Fuzzy 書籍，內容以 C 語言實作的方式展現 Fuzzy 理論的精髓，譯文並經由普渡大學電機博士，現任技術學院電機系教授——楊英魁博士校閱，更增加其可看性。欲入門 Fuzzy 一窺堂奧者，切勿錯過此書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流程圖





目

錄

第一章 Fuzzy 集合論	1
1-1 Fuzzy 集合和歸屬函數	2
1-2 Fuzzy 集合的表示	5
1-3 Fuzzy 集合的基本演算——聯集、 交集、補集	9
1-4 Fuzzy 集合的相等關係和包含關係	12
1-5 Fuzzy 集合的性質	13
1-6 否定演算	15
1-7 積演算	20
1-8 和演算	24
1-9 正規、凸、濃度	27
1-10 α -CUT, 分解原理	30
1-11 擴張原理與 Fuzzy 數及其演算	32
1-12 TYPE2 Fuzzy 集合與其演算	37

第二章	語文變數與Fuzzy 命題	43
2-1	語文變數	44
2-2	利用語文 hedge 的演算 1	44
2-3	利用語文 hedge 的演算 2	48
2-4	語文 hedge (linguistic hedge)	51
2-5	語文真理值與其演算	53
2-6	Fuzzy 命題	56
第三章	Fuzzy 關係	59
3-1	Fuzzy 關係及其定義域與值域	60
3-2	Fuzzy 關係的映射與圓柱形的擴張	62
3-3	Fuzzy 關係的演算 (包含、交集、聯集、補集)	65
3-4	逆Fuzzy 關係及其他的關係	67
3-5	Fuzzy 關係的合成	70
3-6	Fuzzy 同值關係與Fuzzy 半順序關係	75
第四章	Fuzzy 推論	79
4-1	以推論的合成規則為基礎的方法 (直接法)	80
4-2	以真理值空間為媒介的方法 (間接法)	101

4-3	高木・菅野的 Fuzzy 推論法 (特別法)	110
-----	------------------------	-----

第五章 Fuzzy 理論處理系統 113

5-1	系統概要	114
5-2	程式說明	143
5-3	程式列表	155

Fuzzy 集合論



本章主要描述 Fuzzy 理論的基礎——Fuzzy 集合論。普通的集合論又稱明確集合 (crisp)，對於某元素是否屬於此集合的子集合乃以“是”或“否”方式的二值邏輯為依據加以判斷；而 Fuzzy 集合論的特性，除了判斷“是”、“否”二值之外，在“是”的領域中，又可細分成若干程度的歸屬度。

Fuzzy 集合可使用全集 (universe of discourse) 與歸屬函數 (membership function) 的特性來表現，所謂全集乃指 Fuzzy 集合內所討論的對象或事物的範圍，也可叫做討論域或定義域，而歸屬函數則表示從全集對應到 $[0, 1]$ 區間的函數。

本章描述 Fuzzy 集合論的方法，是將 Fuzzy 集合論與普通集合論做比較。另外則說明 Fuzzy 集合論的特性，定義，與 Fuzzy 集合之間的演算方式。另外在實際應用上的重要概念如 α -CUT 與分解原理等的說明，模稜兩可 (曖昧) 的值，比如“大概 3”等該如何利用 Fuzzy 數定義及演算。本章的最後，說明了屬於 Fuzzy 集合的某元素之歸屬度並非確定的值，以及 Fuzzy 集合論發展的可能性。

1-1 Fuzzy 集合和歸屬函數

<定義>

對Fuzzy 集合A的某集合X而言，如式1-1的關係。

$$\mu_A : X \rightarrow [0, 1] \quad (1-1)$$

μ_A ：歸屬 (membership) 函數

根據 μ_A 可加以描述 Fuzzy 集合的特性。

對 $x \in X$ 而言， μ_A 的值 $\mu_A(x)$ 稱為歸屬度或適合度， x 表示歸屬 Fuzzy 集合A的程度， X 稱為 Fuzzy 集合A的全集合。

<說明>

Fuzzy 集合可視為普通集合的擴張，亦即，普通集合可視為 Fuzzy 集合的一種特別集合，在 Fuzzy 集合的世界中，稱普通集合為明確 (crisp) 集合。

假設X的明確集合為E，則其定義函數如(1-2)式，

$$\chi_E(x) = \begin{cases} 1 & x \in E \\ 0 & x \notin E \end{cases} \quad (1-2)$$

換言之，對

$$\chi_E : X \rightarrow \{0, 1\} \quad (1-3)$$

而言，若 $x \in E$ 則“1”， $x \notin E$ 則“0”的二值相比較。Fuzzy 集合的歸屬度，由 (1-1) 式可知，除了“1”與“0”之外，尚有 0 到 1 之間的任意值可取。

<例>

此例乃將 Fuzzy 集合與 Crisp 集合相比較，由兩集合的不同點來說明 Fuzzy 集合的效用。

以「此人身高適中」的命題為例，「身高適中」以 Crisp 集合與 Fuzzy 集合來表現的話，就如圖 1-1 和圖 1-2 所示，現在假設 A、B、C 三人的身高分別為，

A : 149 cm

B : 150 cm

C : 160 cm

「身高適中」：150 cm ~ 170 cm

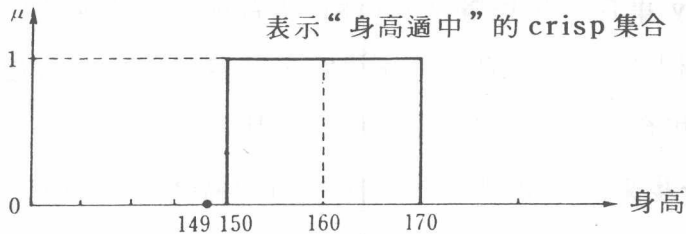


圖 1-1 crisp 集合例

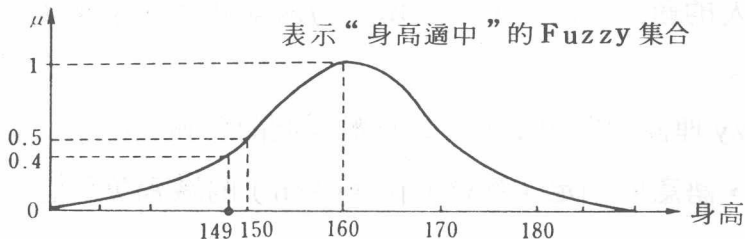


圖 1-2 Fuzzy 集合例

4 Fuzzy 實用化範例 —— 用 C 語言

如果以圖1-1 Crisp 集合表現的話，我們可得到

A：不屬於「身高適中」

B：屬於「身高適中」

C：屬於「身高適中」

實際上，B與C的身高差達10 cm之多，而A與B的身高差僅1 cm。圖1-1的Crisp 集合是以150 cm與170 cm為界限來區分是否「身高適中」，在此界限範圍之外，即使僅僅是極微小的差別，也將會產生完全相反的結果。

如果圖1-2的Fuzzy 集合的概念來表達的話，則

A：身高適中程度為0.4

B：身高適中程度為0.5

C：身高適中程度為1.0

利用Fuzzy 集合，可以彌補Crisp 集合描述時所產生的不合理現象。隨著每個人的身高差異，分別決定出其身材適中的程度。由此可知，Fuzzy 集合比普通的Crisp 集合更具柔軟性。

更進一步來講，我們可以根據不同的場合，來決定「身高適中」的歸屬函數。「身高適中」的歸屬函數，例如「中國人的適當身高」、「美國人的適當身高」、「日本人的適當身高」等應該各有不同的歸屬函數。

Fuzzy 理論的應用，主要以自動控制的領域為中心，並擴展到人類的思考、語意的判定、型樣 (pattern) 的識別等智慧方式的處理