

有趣易懂

電子數字計算機解說

日・渡邊茂著

張明譚

x^2

log

ln

e^x

x^y

arc

sin

cos

tan

$1/x$

7

8

9

$\div$

C

4

5

6

$\times$

RM

1

2

3

+

M+

0

.


聯華

-

=

電子數字計算機解說

(日)渡邊 茂 原著

張 明 譯

華聯出版社印行

版權所有
翻印必究

電子數字計算機解說

原著者 (日) 渡邊 茂
編譯者 張 明
發行人 林 秀 英
出版者 華聯出版社

台北郵政信箱：7-10 號
郵政劃撥儲金戶：三七六五號

總經銷：啓源書局有限公司

地址：台北市忠孝西路一段 69 號
郵撥：15527 電話：3142104

文 笙 書 局

地址：台北市重慶南路一段 69 號
電話：3814280 · 3810359
郵政劃撥 100165 號

中華民國六十八年八月出版
出版登記證局版台業字第〇九七一號

平裝實價：新台幣七十元

原著前言

電子數字計算機不再只是存留在有限的少數專家手裏，作爲他們的智性玩物；也不再是空想科學小說的絕好題材了。今天電子數字計算機已大爲普及，廣泛地和我們日常生活發生密切關係。

雖然電子數字計算機的威力及其利用價值經常被強調指出，可是除了一小部份專家之外，電子數字計算機爲什麼具有那樣大的威力，也就是說電子數字計算機的“真面目”却爲一般人難於理解。

基於以上之現狀，能夠讓外行人有興趣去閱讀，並且能夠清楚地理解電子數字計算機的原理及其使用方法，這樣的有關電子數字計算機的書越來越顯得迫切需要。筆者正是抱着滿足人們這個願望的動機執筆著作本書。

筆者在這十多年來一直在日本國立東京大學從事電子數字計算機的開發及普及工作，並且有機會寫過幾本書。但是它們都是以專家爲對象，而著作以一般人爲對象的書則以這一本爲第一本。

在開始寫本書的時候，初次嘗試到了將一件難懂的事物寫得淺白易懂，是一件多麼艱難，甚至感覺到厭煩的工作。由於艱難，曾經數次動念停筆，却由於“這項工作始終得要有人去完成”這樣的使命感所驅使，才重新振作起來，繼續寫下去。

經過苦戰惡鬥的結果，總算把原稿寫出那是開始執筆後半年後的事。原稿寫好了之後，交給四位對電子數字計算機毫無認識的友人閱讀，請他們透徹指出什麼地方難懂，怎樣寫才容易懂。這番功夫對於原本研究技術工作的筆者來說，是一項相當艱苦的工作。

原稿經過三次改寫，對各章節和圖版的編排都特別花費過不少苦心，這就是完成本書的經過。自己也暗自自負本書基本

上達成了“有趣易懂”這個所期目的。

電子數字計算機可以說是一種“思考機器”。我們先進爲了能夠迅速正確無誤地執行人類各種行爲，發明了許多機器和工具。其中以讓機器去執行人類的“思考”行爲是最爲艱難的課題。

今天，人類正要克服這個艱難課題，並且取得了許多輝煌成果。這些成果可以說是令人驚嘆之人類智慧和努力的結晶。相信透過本書，你也一定會爲電子數字計算機的發明而對人類智慧之偉大而深受感動。

本書之完成曾獲得多方面人士的大力協助。資料和圖版的整理方面，承蒙我研究室裏的年輕學研三浦宏文副教授和中島尚正講師二位大力協助。在此謹向以上各位致以萬二分謝意。

渡邊 茂

一九七六年

譯者的話

電子數字計算機知識將和數學、英語等知識一樣，是一般學生和公司企業工作人員所不可缺少的。不懂得電子數字計算機的工作人員將被社會淘汰，這種時代的到來將為期不遠。

銀行、航空公司等企業都在紛紛使用電子數字計算機做聯機服務(On-line Service)來提高工作效率，發展業務。「電子數字計算機是個難解的東西，用不着我們去管，交由專家去想就行了。」這想法在即將到的高度企業化的社會中是行不通的。

因此，急需有一本起普及作用、顯淺易懂的電子數字計算機的書，這樣的要求越來越多。電子數字計算機的理論和使用方法之權威渡邊茂教授的這本書正是應時代要求之名著。

由於作者長年從事電子數字計算機的研究工作，對電子數字計算機的着眼點和解說方法都有其獨創性。本書以巧妙的比喻和顯淺的圖解將電子數字計算機由硬件(Hardware)到軟件(Software)都做了全面剖析。它不僅是一本入門書，而且很有深度和廣度，是一本難得的劃時代名著。

不只是學生和初學者，就是對電子數字計算機有一定認識的人，如果想真正透徹理解電子數字計算機的本質，則務必一讀本書。

本書日文版自一九六九年第一版到一九七六年共出版了二十七版。其受讀者歡迎程度可見一斑。譯者在日本國立京都大學學習期間，適逢電子數字計算機開始列為教學課程，在遍找參考書籍中有機會拜讀渡邊教授該名著，深感這是一本「誰都能看得懂的書」。此後曾多次反覆閱讀，毫無厭倦之感，每次重讀都增益不少。為此決心翻譯成中文介紹給讀者。中譯本如能對讀者也有裨益則慶幸萬分。

譯者 陳維倫

於民國六十八年四月

目 錄

I . 電子計算機的原理 (邏輯數學)	1
第一章 思考的基本構造	1
• 人本身就是機械原型	1
• 眼看就要遲到了就趕緊起來, 這是爲甚麼?	2
• 「記憶」是通過由外界輸入而產生的	3
• 瞬息間的記憶能夠持續一生	4
• 「記憶」這東西, 是「一生難忘」的	4
• 「判斷」是分階段進行的	4
• 「判斷」是反覆「YES」(是) 、 「NO」(否) 的結果 ..	6
• 26個英文字母中任何一個未知字母 可以通過回答五次提問猜中	6
• 引導思考之「AND」(「與」) 邏輯作用和 「OR」(「或」) 邏輯作用	8
• 「是漂亮同時健康、並且頭腦好」之邏輯——「AND」邏輯	9
• 「是漂亮或者健康或者頭腦好」之邏輯——「OR」邏輯	10
• 「排他性之OR」(或稱「異-或」) 之邏輯	11
• 「只要是漂亮就行」之邏輯	12
• 「不求漂亮」之邏輯	14
• 用「AND」和「OR」來表示「EOR」的方法	15
第二章 機器的思考方法	17
• 「YES」、「NO」可以用機器來表達	17
• 首先從機器是怎樣表達「YES」、「NO」開始談起 ...	17

• 「篩子」也是一種具有思考能力的機器——「思考機器」	18
• 絕對可靠之「記憶箱」	18
• 表示「貪婪邏輯」之「AND」電路（「與」電路）	20
• 表示「無欲邏輯」之「OR」電路（「或」電路）	23
• 表示「乖僻邏輯」之「NOT」電路（「非」電路）	25
• 「貪婪、無欲、乖僻」都具全之邏輯—— 「AND」、「OR」、「NOT」結合在一起之邏輯電路	26
• 表示「二者居其一」（排他性之「OR」）之邏輯電路	27
• 機器表達數字的方法	29
• 用「0」和「1」表達所有的「數」	29
• 機器進行計算之邏輯電路	31
• 機器是這樣進行計算的	34
第三章 電子計算機之各個部件	39
• 假想一部電子計算機	39
• 電子計算機不懂人類語言	39
• 將指令譯成機器語言（Machine Language）	40
• 從輸入到輸出之各個部件（hard ware）	41
II. 電子計算機的構造（Hardware）	46
第一章 構成電子計算機之構件	46
• 肉眼見不到之「思考機關」	46
• 爲甚麼不稱爲電氣計算機而稱爲電子計算機呢？	46
• 邏輯元件是製成邏輯電路之最小元件	47
• 各種具有開關器作用之邏輯元件	47
• 晶體二極管構成「只許往前不許往後」之電路	48
• 用晶體二極管製成之「AND」電路、「OR」電路	49
• 用晶體管製成之「NOT」電路	51
• 邏輯元件無止境地小型化、高速度化	52

第二章 輸入設備	54
• 怎樣讓盲聾之機器理解人意?	54
• 將「字」轉譯成「卡片上之孔眼」的打字機 (typewriter)	56
• 讀出穿孔卡片上的孔眼之機器——讀卡機	57
• 具備「眼睛」的電子計算機	59
• 機器能夠讀出之字體	61
 第三章 存儲器 (記憶裝置 memory device)	63
• 來自輸入設備之信息往何處去呢?	63
• 存儲 (記憶) 之內容是用「地址」表示出	63
• 構成存儲內容的「語」(Word) 和 「二進位制信息單元」[Bit (Binary digit)]	65
• 指令是通過指定地址號碼來實行	66
• 指令也被翻譯成代碼	67
• 所有的指令都被變換成代碼存儲起來	68
• 信息的“收發站”——「寄存器」(「register」)	71
• 通過一瞬間的刺激來移送存儲單元 (寄存資料單元)	72
• 利用觸發器移送信息的原理	74
• 電子計算機的存儲中樞 「磁心矩陣」(「Core Matrix」)	77
• 以逆時針方向和順時針方向之磁通量 分別存儲「1」和「0」	78
• 將存儲單位 (信息) 寫入磁心矩陣中	80
• 讓磁心矩陣存儲指令語「001101」	82
• 讀出磁心矩陣上的存儲單元	84
• 存儲器的「後備軍」——「輔助存儲器」	88
 第四章 控制器	90
• 對於機器來說, 開始工作的指令是什麼?	90
• 發出移送信息的指令是從哪裏來的呢?	91

• 對信息之流通做交通整理	92
• 爲了獲得電脈冲而需要到之 刺激電脈冲是從哪裏來的呢?	93
• 處在工作狀態中的電子計算機 就像心臟那樣，經常「脈動」着	94
• 解讀操作碼的譯碼器	95
• 解讀地址碼的譯碼器	97
第五章 運算器	100
• “會思考的機器”中的“思考部件”(裝置)	100
• 「判斷」也是由運算器作出	101
第六章 輸出設備 (output unit)	102
• 將工作結果報告給人之部件	102
• 電子計算機的“手”—— 「電動打字機」(Electric Typewriter)	103
• 行式印刷器 (line printer)	104
• X—Y描繪器 (X—Y Plotter)	106
• 光筆 (Light pen)	107
III. 電子數字計算機的使用方法 (Soft ware)	110
第一章 整理工作的步驟	110
• 將複雜的工作分解成簡單的工作步驟	110
• 將工作步驟用圖示來表示	111
• 工作越複雜，流程圖越能發揮它的威力	114
• 書寫流程圖的基本規則	115
• 將反覆出現的計算簡單化的方法	117
第二章 書寫指令	120

• 怎樣讓機器理解人類語言	120
• FORTRAN 有二十六個字母、十個數字及十一個 特別符號總共四十七個文字及符號	122
• 編製計算二數和的程序——例一	123
• 數據是怎樣書寫表示出?	128
• 編製簡單減法運算的程序——例二	130
• 編製含有實數之除法運算的程序——例三	131
• 編製程序的基本規則	133
• 編製「計算足球員射球成績 (入球率)的程序」——例四	134
• 編製「選擇結婚對象」的程序——例五	140
• 到此電子數字計算機的全部形象算是初步掌握到了 ...	149
幾項註解	151
附錄一 電子數字計算機計算中心的工作情形	
附錄二 程序的編製及處理步驟	

I. 電子計算機的原理(邏輯數學)

第一章 思考的基本構造

人本身就是機械原型

遠自原始時代開始，人類就一直在為改善並且豐富自己的生活，不斷地作出種種努力。這些努力的結果最突出的表現是發明了許多工具和機器。從石器時代的斧頭到現在這裏我們所要研究的電子計算機都是人類創造出來的工具機器。這些工具或者機器其目的都不外在於擴大人所具有的各種能力，或者擴大這些能力之可能性。

無論是石器時代的斧頭、工場裏所使用的起重機或者是最新型的汽車、飛機等，都是擴大人的體力能力或者代替人的體力而工作的工具和機器。這些擴大人手或者腳力的工具和機器稱為“體力機器”。

擴大人眼睛視覺及耳朵聽覺能力的工具，例如有望遠鏡、照相機、顯微鏡、收音機和電視機等。這些工具稱為“感覺機器”。

人的能力除了體力上的、感覺上的之外，還有「思考能力」。電子計算機就是具有“思考能力的機器”之典型。

每一件工具或者機器之被發明創造出來，都是從人體本身所具有之“能力器官”得到構想之啟發。因此，具有思考能力的機器——電子計算機的原理也可以從分析人對事物的思考程序（步驟）去理解。

現在我們就從探討人的思考基本構造開始去理解電子計算機。

眼看就要遲到了就趕緊起來，這是爲甚麼？

譬如假設有一天早上，你睡過時了，當你一醒起來，腦子裏就盤旋着：「糟糕！能來得及趕上上班嗎？」同時，如果你知道按照平時那樣的速度去做晨作（指早上起床後刷牙、洗臉、更衣、吃早飯等操作），就會趕不上的話，你就會匆忙草率地刷牙、洗臉、上廁及用早餐，換上衣服趕緊出門吧。或者時間更緊的話你會省略掉一些晨作，換上衣服就趕着去上班吧。如果時間再緊，知道乘搭電車或者公共小巴士也會來不及的話，你就會乘的上去吧。

這裏，「來得及趕上上班嗎？」、「按照平時那樣做晨作會來不及」、「光是換衣服還有時間」、「該乘的士去」等之結論，到底是根據甚麼而得出的呢？是從天上像閃電那樣突然間在你腦子裏閃耀出來的嗎？當然不是。這麼一說，大家可能會覺察到，這些結論其實全都是根據存在每個人腦子中的「記憶」而得出的。

你以前曾經像今天這樣睡過時，並且曾經按照平常那樣去做晨作，結果遲到了很久。或者，不一定有過和那次完全一樣的體驗，而是有在學生時代遲到學校的記憶，或者趕不上搭火車的記憶，或者雖然沒有親身體驗過遲到，而卻從別人那裏聽到人家遲到的體驗，並且這些他人的體驗留在你記憶裏等等。這些都是你作出上述結論的根據。

爲了引導出前面所提到的結論，還必須以前面所列舉的「記憶」爲根據去做「判斷」。即假如今天的情形和在你記憶中那一天的情形完全一樣的話，你將會判斷出其結果將會是一樣吧。假如今天的情形和那一天的情形如何如何不同的話，你將會判斷出會有怎樣不同的結果吧等等。

照上面所說，我們知道人的思考是由「記憶」和「判斷」構成的。我們日常生活中無意識地做出的無數之思考活動都是以存在腦子裏的記憶爲基礎進行判斷做出的。所以要了解人的「思考」就必須先要了解「記憶」和「判斷」。

記憶是通過由外界輸入而產生的

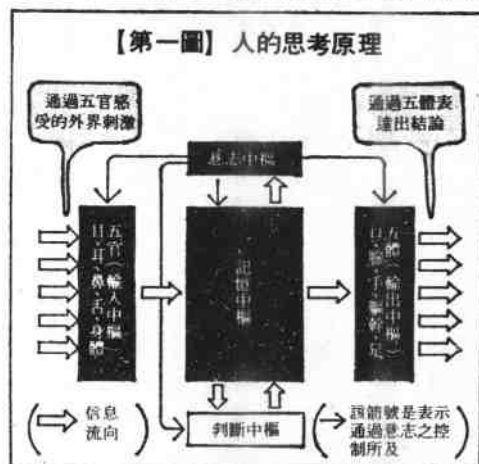
「記憶」是透過人的各種經驗得到的，而經驗是由感覺器官感知外界事物而得到的。

這裏感覺器官是指眼睛（視覺）、耳朵（聽覺）、鼻子（嗅覺）、舌頭（味覺）、肌膚（觸覺）等所謂「五感」。眼睛「看」、耳朵「聽」、鼻子「嗅」、舌頭「嘗」、全體之肌膚感覺溫度和壓力。如果人沒有五感的話，不管有多麼優秀的頭腦決不能夠經歷外界事件，並且記憶起來。沒有五感，人就不能夠接受來自外界的刺激。

這裏我們將來自外界的刺激稱為「輸入」（input）。外界的刺激是經過五感進入人體的。

就是憑着這樣的輸入，人的思考活動就開始。也就是說，你腦子中記憶部份和判斷部份複雜地交織着要作出結論。在作出結論的過程中，還需要到有根據所考慮的事情的重要性或者緊急性來整理思考程序之機能。這種機能我們稱為「意志中樞」。

經過上述之思考過程得到之結論，要變成具體行動表現出來。就前面睡過時的例子來說，跑啦、叫的士啦、就是行動。這些行動就是將腦子裏面的思考結論付諸於行動流露出於外界。這裏經過口、臉、手、身體、腳等所謂「五體」來表現結論之



行為稱為「輸出」。於是，來自外界的刺激（輸入）經過思考過程之後發出怎樣的行動，可以由圖 1 表示出。這個圖對以後理解電子計算機的系統構造很有幫助。

瞬息間的記憶能夠持續一生

現在把話題集中到「記憶」上。在輸入和記憶的關係中，大家可能會覺察到有一件難以想像的事。那就是，輸入不論是多麼短暫的一瞬間的事件，記憶會一直保持到很久。

的確，眼睛見到的、耳朵聽到的、鼻子嗅到的、舌頭嘗到的、肌膚感觸到的各種刺激，盡管受到刺激的時間過去了，但却仍然一直繼續保持在我們的記憶中。例如原子彈爆發時的閃光和隆隆然響聲雖是很短暫的瞬間，可是看見過、或者聽見過的人，對這個景象將不會忘却，而永遠留在記憶裏，畢生難忘。

「記憶」這東西是「一生難忘」的

如果整理上面所說的話，那就是，記憶是經過輸入而產生的。輸入雖然是一瞬間的刺激或者沖激，而產生的記憶却是持久的。人思考事物的時候，是從記憶中將過去的輸入“喚起”找出所需要的來利用。就是說人是具有很有效率地「將輸入變換成記憶的能力」之動物。可以說電子計算機在思考事物的時候和這完全一樣，還需要有一個將一瞬間的刺激變換成持久之記憶的機構。

「判斷」是分階段進行的

到此為止我們談了思考的第一要素——「記憶」。下面談一談思考的另一個要素——「判斷」。記憶可以說是思考的前提條件，實際之思考工作，其實是由「判斷」來進行。

舉個例，假設你受到某一位男士委託，替他選擇一位結婚對象。而他却是一位慾望很高的人，在委託的時候他向你說，結婚對象必須是一位「漂亮、健康、並且頭腦好的女性」。那麼你就必須對每一位可以作為新娘候選者的女性仔細考慮，判斷

是否合乎他的要求。

這時候你必須像前面說的那樣，首先將他講下的條件牢牢「記憶」在腦子裏。除了這個記憶之外，還需要到過去所得到的各種記憶。在你的記憶中，所有有關漂亮、健康、頭腦好等等記憶都會在你的腦子裏重現，作為判斷的資料。

可是，在這裏問題是，下判斷的方法。假設，你想起了某一位女性作新娘候選人。而這位女性是否適合做他的新娘呢？即使你能夠馬上判斷出來，那也並不是胡亂地作出答案的。假設你手頭有有關這位女性的資料，例如，從照片上看，她的臉型酷似一位最受歡迎的年輕女演員；她是學校裏體育活動的主要負責人；同時以優異的成績完成了大學學業。

這樣你一定能判斷出這位女性是否適合作為他的結婚對象了。相信你將會判斷「這位女性是適合於作為那位男士的結婚對象」吧。並且這個判斷是在很短暫的一瞬間做出的，因此幾乎使人以為是不經過「思考」或者「判斷」等之工作。不過，其實在你做出判斷的時候，他所說的每一件條件都在你的腦海裏從記憶中重現出來，對於她「是長得漂亮嗎？」的問題，由於既然她酷似有名氣的漂亮的演員，當然你將會判斷她是長得漂亮。對於「是健康嗎？」的問題，由於她是學校裏體育活動活躍者，當然是體育愛好者，體育愛好者當然健康了。因此你將會判斷她是健康的。同樣在判斷她是「頭腦好嗎？」的問題時，由於如果頭腦不行的話是沒有理由可以以優異的成績完成大學學業的。結果你將會判斷她頭腦好了。最後，當這三個條件得到滿足的時候，對於她是否合適作為他的結婚對象的問題，你的判斷結果將會是「適合」的吧。

上面一大堆話你可能會感覺到囉嗦些。可是，無論怎樣簡單的一瞬間的判斷，在人的腦子裏就是這樣由幾個判斷分階段連續地去進行，然後綜合所有各個階段的判斷結果，達到一個總結論。

「判斷」是反覆「YES」(是)、「NO」(否)的結果

大家知道了不管怎麼樣的「判斷」，都是分階段連續地做「小判斷」的結果。當我們詳細分析判斷的每一個階段的話，就會發覺它們都具有一個共同特徵。就前面的例子來說，其共同特徵就是，「是漂亮嗎？」、「健康嗎？」、「頭腦好嗎？」等，每一個階段都是個提問形式，同時，對於這些提問都回答以YES(是)或NO(否)。

就是說，思考，無論什麼場合都是以提問形式，劃分成幾個區分，根據對每個區分的回答是「YES」或者是「NO」來決定思考的進展。無論多麼簡單的日常思考，或者是多麼複雜的高級思考，追究到底都一定是反覆對一連串提問的回答即「YES」或者「NO」所構成的。這件事，對理解電子計算機來說，具有決定性意義。

26個英文字母中任何一個未知字母可以通過回答五次提問猜中

根據剛才的見解(想法)26個英文字母中任何一個字母可以如圖2所示那樣，經過YES、NO之多次反覆推斷出來。隱藏起來的字母是個甚麼字？可以經過回答不超過五次提問就可以猜中。

圖2中之「端點」的意思是字母的筆畫斷開的端點。例如「O」和「D」字是沒有端點；「A」字有兩個端點；「X」字有四個端點；「I」字有四個端點；「Q」字有一個端點。「圍部」的意思是指像「O」「D」「P」等字那樣有封閉部份。

例如假設隱藏起來的字母是A。於是對於第一問「有沒有曲線部份？」，回答應該是「NO」，所以沿着「NO」的指示線往前進入第二問，第二問是「可以一劃寫出嗎？」，答案應該是「NO」，這樣又再進入第三問，第三問是「有三個端點嗎？」，A是有兩個端點的，所以答案仍還是「NO」。又再進入第四問「有橫線嗎？」，答案應該是「YES」。下面第五問是第四問的