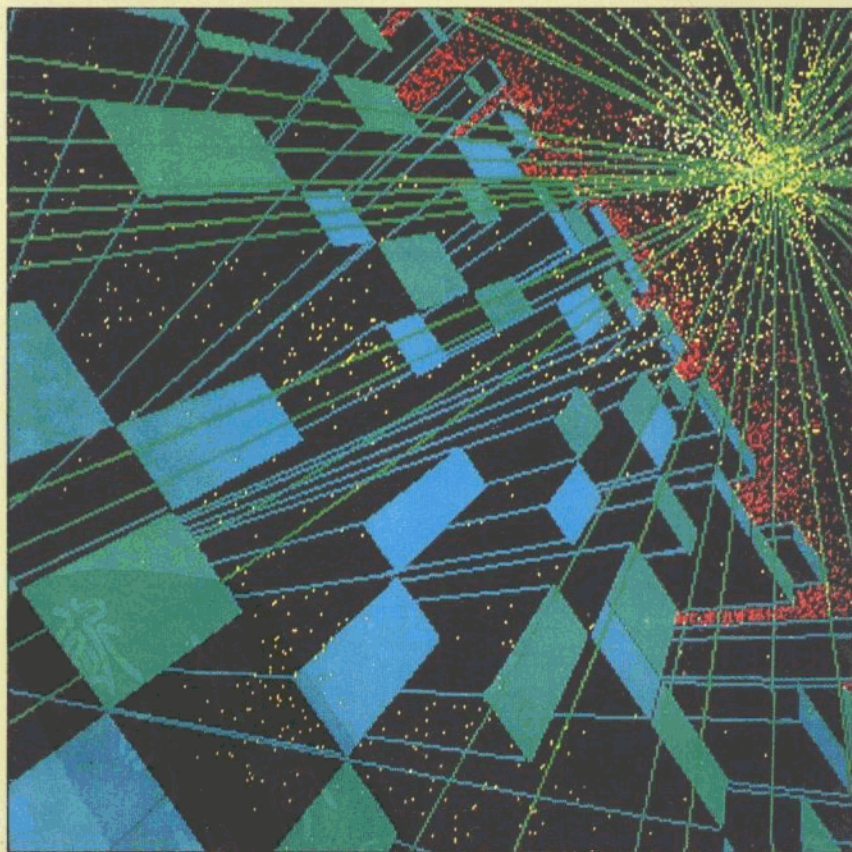


精密基本電子科學叢書 14

程式編寫

岡崎嘉春・角山榮治共著／鄭劍元譯／正言出版社印行



序 言

科學技術在二十世紀有著驚人的發展，它逐漸實現了人類多年來的夢想和希望。譬如發生在地球另一端的事情，我們可以立即在家裏收視。這種情形誰在二三十年前曾預想到呢？況且這並不是只在某種特定場所才能見到，而是隨時可在我們的日常生活中見到的！

近年來登陸月球之所以成功，火星上有無生物之謎題揭曉，電子科學實在扮演了極重要的角色；又比如最近在公共場所被普遍使用的自動門，和手一伸近水，即自動流出的水龍頭，也都是電子科學的傑作，但是我們仍然認為電子計算機才是真正時代的寵兒。因為人類利用這個新的機件代替了腦力，應用它去處理工作，去創造新的業績。登陸月球的壯舉，從火箭設計開始到它的飛行軌道之計算，就是皆仰賴於電子計算機的驚人功能，很多人把電子計算機視為一種難懂、難學且和自己毫無關連的東西，就好像電視剛出現時一樣，只抱著好奇旁觀的態度，但今日電視普及，甚至可以說已成為人們生活的一部份，相信電子計算機也將步其後塵，成為人們不可或缺的工具。

當電子計算機初供使用之時，一般辦公人員都不明白何以科學人員要苦心鑽研出如此麻煩的機械來自找麻煩，難道是因為當局者不諳算盤而在此電子上動腦筋？但隨機械的改進，其驚人的速度和準確性，使得人類紛紛求助於它。

目前，辦公人員已無法離開技術人員所發明之合理的機械，就如駕駛員和他所操作的新式噴射機的關係一樣。

電子計算機已不再是昂貴的東西了，最近市面上還出現以極低的代價即可租用的租賃方式。就以日本來說，在實用化後的兩三年內，即已超出 1,000 台，僅次於美國而大行其道，其採用範圍已不限於大企業或公家機關，甚至已推展到中小企業或鄉鎮公所。

2 序言

本書是應生活在此趨勢中之讀者之求而出版的。因此在闡述世界共通的程式語言 ALGOL 及 COBOL 時，儘量避免應用艱深的專業名詞來解說，以利諸讀者明瞭易解。

最後期望本書能針對您的問題，而有所幫助，這才是我們出版這本書的真正目的。

目次

第一篇 電子計算機概說..... 1

第一章 應用範圍..... 2

1.1 計算機之種類及能力..... 2

(1) 種類及特性..... 2

(2) 數位型電子計算機..... 4

(3) 計算機的工作及能力..... 4

1.2 電子計算機之發展過程..... 7

1.3 電子計算機之應用範圍..... 11

第二章 機能..... 13

2.1 電子計算機之五大機能..... 13

(1) 輸入機能..... 13

(2) 記憶機能..... 14

(3) 演算機能..... 19

(4) 輸出機能..... 21

(5) 控制機能..... 23

2.2 計算機之語言..... 23

(1) 計算機之內部電碼..... 23

(2) 紙帶及卡片的電碼..... 25

(3) 磁帶電碼..... 27

2.3 命令語與各種演算法..... 29

(1) 四則演算命令..... 30

2 目 次

(2) 邏輯演算	30
(3) 轉送演算	31
(4) 分歧演算	31
(5) 控制演算	31
(6) 輸入出演算	31
第三章 資料之流程	32
3.1 前 言	32
3.2 從資料發生到電子計算機	33
3.3 檔 案	34
3.4 資料之記錄	34
 第二篇 程式編寫	 36
第一章 程式編寫之順序	37
1.1 計 劃	37
1.2 流程圖之作成	38
1.3 數值解析	40
第二章 自動程式編寫	44
2.1 利用記號的程式編寫	45
2.2 問題中心的程式編寫	47
(1) ALGOL	48
(2) COBOL	48
 第三篇 ALGOL	 50
3.1 四則演算	51
3.2 Go To 命令文和標籤 (label)	60
3.3 迴路與複合命令文	67
3.4 附添字變數及配列	80

3.5 布耳演算式及 if 節	86
(1) 布耳演算式	86
(2) 有條件命令文	89
(3) 複合表現	96
3.6 標準函數	98
3.7 開 關 (switch)	103
3.8 BLOCK 構造	106
3.9 手 續	114
3.10 演 習	128

第四篇 COBOL 133

4.1 用 語	135
(1) 文 字	135
(2) 名 稱	136
(3) 命名之規則	137
(4) 名稱的修飾	137
(5) 添 字	138
(6) 常 數	139
(7) COBOL 語言	142
(8) 式	143
(9) 聲 明	144
(10) 句	145
(11) 段	145
(12) 分離記號	145
(13) COBOL 程式之構成	145
(14) COBOL 程式單	146
4.2 資料之構成	148

4 目 次

(1) 案 卷	148
(2) 檔 案	151
4.3 例題之解說	152
4.4 DATA DIVISION	158
(1) FILE SECTION	158
(2) WORKING-STORAGE SECTION	179
(3) CONSTANT SECTION	181
4.5 PROCEDURE DIVISION	184
(1) 演算聲明	184
(2) 資料之移動聲明	187
(3) 終了聲明	190
(4) 控制變更聲明	190
(5) 輸入出聲明	197
(6) if 聲明	202
(7) 處理機聲明	206
4.6 ENVIRONMENT DIVISION	209
(1) CONFIGURATION SECTION	210
(2) INPUT-OUTPUT SECTION	212
4.7 IDENTIFICATION	216
4.8 程式例	217
4.9 COBOL reserved word	221

第一篇 電子計算機概說

於講述電子計算機程式編寫之前，我們先就其應用範圍，演進過程及基本電路結構加以說明。

因此已具有電子計算機常識而志在學習 ALGOL，COBOL 等程式語言的讀者可省略本書第一篇。

第一章 應用範圍	—	種類及能力	/ 2
		發展過程	/ 7
		應用範圍	/ 11
第二章 機能	—	五大機能	/ 13
		語言	/ 23
		命令語和各種演算法	/ 29
第三章 資料之流程	—	前言	/ 32
		從資料發生至電子 計算機	/ 33
		檔案	/ 34
		資料之記錄	/ 34

第一章 應用範圍

一部電子計算機需要數千萬元，甚至數億萬元之高價方能購得，因此和我們的日常生活，可說是相去太遠了。

可是單以日本而言，雖於 1960 年尚未滿 100 台，但以後的四年內却激增至 1500 台，而且這種購置量有繼續增加至 1970 年的趨勢。而比起遙遙領先的美國來，還是微不足道，美國現有 10,000 以上。由世界各國現在的狀況來推測，其將繼續被推廣應用，應是毫無問題的。

表 1.1 年度設置狀況

年度		32	33	34	35	36	37	小計	38 4~9月	合計
國 產 機	中型套數	1		9	18	36	58*	122	42	164
	小型	1	3	6*	13	43	97	163	119	282
	計	2	3	15	31	79	155	285	161	446
	金額	103	6702	52,580	1,367.34	2,645.76	6,290.43	10,999.35	5,018.37	16,017.72
輸 入 機	大型		1		6	8	6	21	10	31
	中型		2	16	16	66	80	180	24	204
	小型	1	8	4	3	17	8	35	15	50
	計	1	5	20	25	91	94	236	49	285
	金額	24.30	848.48	2,691.96	4,679.38	11,380.24	13,721.52	33,345.88	7,213.65	40,559.53
合 計	套 數	3	8	35	56	170	249	521	210	731
	金 額	127.30	915.50	3,217.76	6,046.72	14,026.00	20,011.95	44,345.23	12,232.02	56,577.25

註：(1) 中型 2 套因單價不明，金額不含在內。

(2) 小型 2 套因單價不明，金額不含在內。

1 計算機之種類及能力

(1) 種類及特性：電子計算機由於其使用的目的有差異，種類也分很多種，最基本的型體可分為類比型 (analogue) 及數位型 (

digital) 二類。

類比型為把所要計算的數值用長度或角度等物理量加以對應計算之方法，就比如工程用的計算尺。

數位型為把所想要計算的數值用物件數量加以置換而計算的方法，如算盤為其一。

再進一步平易的比較兩者，計算尺是把所想要計算的數值換成刻度值（即長度）而由刻度和刻度的對應得到答案。

另一方面，算盤是把所想計算的數值換成算盤上的珠子，必須撥動珠子方能進行計算。同樣的在類比型計算機上需將數值換算成電壓等物理量才能計算，而數位型計算機即須將數值轉變成線路上之脈衝量以求其值。

換言之，如想在短時間內計算概數，則使用計算尺比較方便，也就是說類比型計算機，其精度雖較差（0.1 %），但在短時間內即可得到概數。

再者，數位型計算機和算盤一樣，雖可做高精度之計算，但比起類比型計算機更需花費時間。

但除了在精度和速度之外，數位型計算機另有一個特長，即能以數值之組合代替文字，記號和進行預先擬定的思考（判斷）。（註：此處的思考力並非僅能憑空想出新的方案，而是需作有條件的判斷。如把數值排成大小順序，或把與某數A等值之數字找出來等。）因此數位型電子計算機已發展為一般性皆可使用。

另一方面，類比型因有如上述的特性（速度），故為利用於特殊場合，例如能將運行中衛星所播出的資料迅速計算出來，以供人察看軌道是否正確。若有錯誤，即行修正等等，因此大都適用於高速計算能力的場合。由此類比型比起數位型來，在應用場合上要少得很多。因而我們可想而知，將來應用較廣的仍是數位型，現在我們就以數位型計算機來加以敘述。

4 第1篇 電子計算機概說

(2) 數位型計算機：數位型計算機中，有須操作者指令才能計算的半自動型，及使用者事先給予計算條件而就能自動計算的自動型兩種。

在此，使用者事先給予的指示叫做“程式編寫”也就是自動型電子計算機必須事先給予程式編寫方能動作。

(3) 計算機的工作及能力：另一種將計算機分類的方法是依其使用目的，而分為科學用及事務用，或專門用及一般用等分法。

對不太瞭解電子計算機的人問說：「你想電子計算機有何作用？」我想他的回答一定是：「可能是用來解決什麼難題吧！」但是今天所被使用的計算機，決不是用來解決高等數學的難題，而是處理一些連國中學生也可比較的數值之大小，或算盤也可勝任的計算式子來。

爲了這樣簡單的工作，爲什麼需要使用如此高價的計算機？或許有人會發生疑問。答案很簡單，「因爲由它處理比由人類來處理還合理想」。

用電子計算機，不但速度快，而且其精度也遠非人腦所能及。大家都知道，人類在操作同樣的工作時，往往每 100 至 200 件中就會有一項錯誤，但是計算機沒有。

歸納電子計算機的特性，有下列四種。

(1) 處理速度快得驚人：

東京至大阪間，乘超特級光號火車要 3 小時，乘坐飛機要 1 小時，兩者的比數爲 3 : 1。假如人類費一個月（720 小時）走完它，那麼人和飛機的比數爲 720 : 1，又噴射機在 30 分鐘就能飛到，則其比數應爲 1440 : 1。

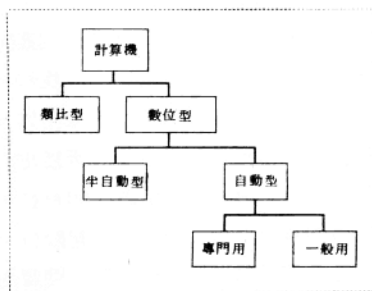


圖 1.1 計算機之分類

然而，人與電子計算機計算速度之比就不是這麼一個微小的數了！舉個例子，如有 $54321 + 67890$ 同為 5 位數的加法，你說我們可以在幾秒鐘內做完？我想再精於演算的人也要 3 秒鐘，普通的人可能就要 7 ~ 10 秒鐘。

然而這個式子用計算機計算，却只要幾微秒，就算用最普通最慢的也不過幾十微秒至幾百微秒而已（ $1\mu\text{s} = 10^{-6}\text{秒} = 1/1,000,000\text{秒}$ ，即是一微秒）。

因此在上述的計算中，假如人要 5 秒，電子計算機要 $200\mu\text{s}$ ，則它們的速度比是 $5 : 0.0002 = 25000 : 1$ ，現在把人類步行的速度和飛機速度比提出來，再與人和電子計算機的比數相較，則是 $720 : 25000 = 1 : 35$ 。所以假使我們能夠使用像人與電子計算機那麼高比數之交通器具，則東京至大阪間只要 1.7 分鐘。由此推想，假使電子計算機的使用費是 1 分鐘 1000 元，還算很便宜。更何況，現在還有更快速的計算機發展成功，處理一則 5 位數的加算問題在 $20\mu\text{s}$ 內便能解答，像這樣的計算機用一分鐘只要花 1000 元實在很划得來。

(2) 比用人工計算還值得信賴：

如上述的五位數加法，要在 10 分鐘內做完 100 題，大概沒有人能全部做對，5 秒鐘內能做完一題的人可能有，但要在 10 分鐘內做好一百題，總是會有錯誤的。也就是說人有會疲勞的弱點，但是機械沒有。譬如時鐘不停的報時，就是一個很好的例子。

而電子計算機更沒有機械式的擺錘和齒輪等，根本不怕發生磨損和疲勞的現象，況且電子計算機裏還有一種特殊的機構，能檢查訊號的失落，絕不會有絲毫的錯誤。

(3) 可代替人類判斷：

生活在交通擁擠的今日，人們隨時都可能發生意外，必須無時無刻地分析、判斷周圍的狀況，以保護自身的安全，而自己駕車的人更不用說了。雖然目前已有自動控制汽車出現，但它也只不過給予人類

某些方便而已，並不能獨立判斷（對通路狀況、號誌、交通量、行人等）而做有效的應變行為。

關於這一點，唯獨電子計算機能發揮其優異的功能，來代替人類執行此類複雜的工作。只要我們將處理目的、條件按規定的程序編成程式資料輸入電子計算機裏面，它即會以驚人的速度實行之。

在此我們對如何使電子計算機，依照使用者的命令行事之方法，做進一步的說明。

讓電子計算機隨著我們的意思行事，就和我們指示別人一樣。不過在人與人之間可以用“共通的語言”傳達思想，但到目前為止，電子計算機尚無聽懂人類語言的能力。所以我們只能讓它記憶，就像教狗習藝一樣，把我們的意思化成條件式的反應程式，以便於記憶。

看起來寫程式似乎不太容易，事實上我就失敗過很多次。畢竟機械與人類不同，它聽不懂人類的語言，我們必須要以計算機能理解的語言（機械語）來教示它，因此曾掀起人類研究電子計算機軟體之熱潮，而終於在最近發明了“世界共通之程式語言”ALGOL及COBOL等，使得電子計算機能更隨意的為人使用，而向前邁進了一大步。

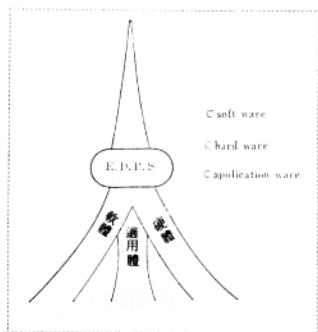


圖 1.2 E.D.P.S各點的晶片

(4) 能記憶大量的資料：

讓我們來看看辦公廳裏，台帳、傳票、記錄簿、收據等等一大堆，不要說那些常用的東西，就算一年才翻兩三次的帳簿，它們是否都被保管得很好呢？

記得有一個朋友對我說，有一天他去請領戶口謄本，結果等了半天才看到辦事員找到原簿，而更氣人的是戶政人員告訴他：「很抱歉，你的資料可能在上一次整理中搞錯了位置，現在不能馬上給你。請原諒。」在這科學高度發展的時代裏，國民戶籍資料尚無妥善的管理辦法，實在令人痛心。不過現在由於電子計算機的出現，其容量大，速度高的資料記憶裝置已漸漸的擴展到實際用途中。就以某保險公司為例，他們已把全國被保險人的資料儲存於電子計算機之記憶裏。有一天某個客戶臨時問說：「假使我現在身故，公司應該賠我多少？」結果公司經過電子計算機，精確、快速的把答案遞給他，速度之快真令人驚訝。

由於電子計算機能記憶大量的資料，又有獨具的判斷能力，確實可以代替人類處理繁重的業務，使它做得更快，更精、更多，故有人工頭腦、電子頭腦之稱。

2. 電子計算機之發展過程

「用機械代替人類計算」，這個夢想已久的草案，於1642年，首由法國 Blaise Pascal 實現。當時它只能做加減演算，被採用於稅金之收支計算。隨後經過五十年，由德國 Leibnitz 改良成可做乘除的計算機。

但實際上，和現代最相近的機型，是在150年前的1822年由英國 Charles Babbage氏設計成功的。他是受政府補助，發展來運用於階差表和函數表，其機型被命名為 Difference Engine 但因有某種缺陷，未被實際運用。其後於1834年又提出 Analytical Engine 的新構想，成為現代數位型電子計算機的基本原理。但由於當時環境的影響，無論其構想再傑出，也仍被冰凍於倫敦博物館中。

繼之 IBM 公司發表了打孔卡片式事務計算機，另一方面，由於繼電器的使用，使得電話交換技術突飛猛進，接著現代式電子計算機

的發明也出現了曙光。

1938 年，美國 Bell 電話研究所的 G·R Stibitz 發表了利用繼電器製造的方法。再經 S.B. Williams 的設計，於 1940 年完成了由 410 個繼電器，10 個縱橫交換器的 Model I。

另一方面，IBM 公司和 Harvard 大學 H.H. Aiken 教授合作，完成了 Mark I 於 1944 年。這個機器的規模比以前的要大得多，所利用的繼電器達 3600 個，主軸以 4 馬力的馬達驅動，具有 72 個計算器，60 個常數暫存器 (register)，且配有控制帶，使計算能力逐次自動化。

Bell 電話研究所和 Harvard 大學於開發成雛型後，即不斷的更新改良，前者於 1950 年完成了 Model VI，後者於 1952 年完成了 Mark IV (Mark III, IV 不是用繼電器，而使用電子管)。

電算機全面的被活用，是在於脈衝 (Pulse) 技術急速發展的第二次世界大戰，首部利用脈衝電路設計的電子計算機，為 Pennsylvania 大學的 Moore School，完成於 1946 年，命名為 ENIAC。因其記憶系統全採用電子管的反正器 (flip-flop) 故共使用了 18800 支電子管，其耗電量為 120 kw，數值為十進制，在 1 秒鐘內可計算 5400 次十位同位數的加法，乘法可做 300 次，比過去快了 1000 倍，而其體積之大，須 30 公尺的空間才容納得了。

受了它的刺激，各方面的研究越來越積極，新機型紛紛出籠，列示於下。

1941 年由美國 Neumann 設計的 EDSAC。

1949 年在 Cambridge 大學數學研究所 EDSAC。

1950 年在英國倫敦國立物理研究所 ACE。

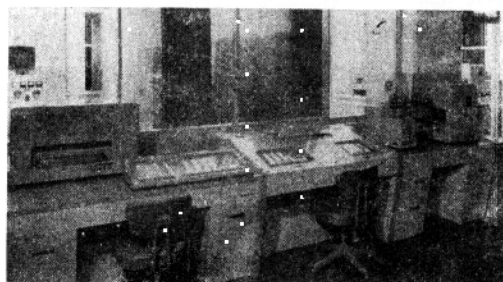
1950 年在華盛頓 SEAC。

而日本於 1939 年才開始生產數位計算機，由富士通用公司完成了加減算集計裝置，於 1940 年公開展示。

在報紙上我們常看見，日本的電子計算機專仰賴國外技術支援的報導，可是也不盡如此，1834 年第一部數位型計算機 Analytical Engine 出現後的 5 年，日本國內也很快的在進行研究。這個裝置是對於依順序給予的數值，每按各位數的選擇按鈕，能自動加減算，而後將其結果顯示在光學顯字盤上。

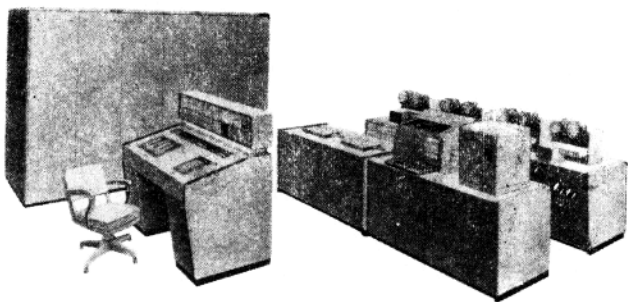
在 1941 年有總計計數裝置，1942 年有二進制四則電算盤，隨後又推展了總計乘數和連乘電路除算電路，且選擇計算電路等的研究，後因戰爭中物資不足而中斷，但戰後又很快地恢復研究。於 1951 年完成了東京都政府之統計用分類集計機。

這部集計機是在東大工學部研究，使用繼電器配製的。後來被用於代替戰災中燒燬的 IBM 會計機之集計裝置。

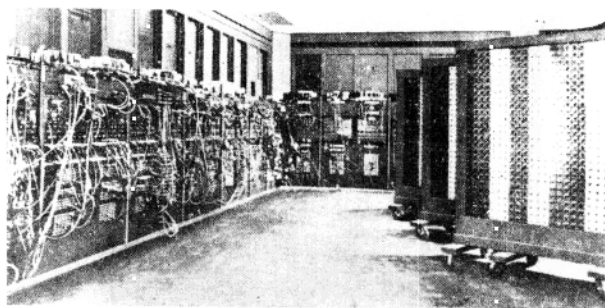


照片 1.1 FACOM 128 D 繼電器式計算機

1953 年，受南北韓戰爭之影響，日本股市空前的繁盛，每天交易金額由 1000 萬元升至 2000 萬元，使得證券行的結算人員無法當天做完結算事務，而設計了用繼電器製作的結算用計算機，來處理證券種類、客戶別進出傳票等等。



照片 1.2 FACOM 138 繼電器式計算機



照片 1.3 ENIAC 的全景（左側為插頭板）

繼之在 1954 年出現了和現在自動計算機同原理之繼電器計算機，命名為 FACOM 100，後又被改良成 FACOM 128，成為日本第一部應市的自動電子計算機，在十年後的 1964 年，它還活躍在日本的大學或光學企業中。

另一方面東大於 1958 年製造了 TAC，這部計算機的記憶裝置是使用布朗管的，可以說是較珍奇的一種。