

日本计算机和物理学的发展

Akito Arima

日本计算机的发展始于1960年,包括用于保密的,通用的计算机和特殊超级机。本文以若干物理学领域为例,借以说明物理学的发展与计算机之间的密切联系。

一、日本1960年后计算机的发展

近年来,计算机在速度和容量两个方面的进展不可同日而语。物理学也随之提高到与其相应的水平。除了传统的理论物理和实验物理两种形式外,第三种所谓计算物理的形式正在形成。本文将评述日本计算机的发展以及如何促进日本物理学的进步。

首先阐述日本现代计算机的发展历史。1961年,我从美国返回日本。我在美国时受聘于芝加哥附近的阿贡(Argonne)国家实验室,美国那时已开始使用最先进的计算机IBM709,而日本的大学还不敢问津,以已使用的OKITAC机为例,其容量为2k,以晶体管为存贮器的计算机。美国计算机的发展以及它有利于科学进步这一必然趋势,影响了日本。

为了加速发展日本的计算机,东京大学成立了一个包括我在内的年青研究人员小组。我们不仅说服了东京大学和京都大学,还取得了教科文部与日本科委的支持,1963年12月教科文部提供经费给东京大学成立一个计算中心。科学家们对开发哪种系统进行了多次辩论,一些组员倾向于选择当时最先进的美国计算机。最后决定加速开发日本型的计算机。由于日立公司开始合作,因而需要考虑满足工业界要求,如速度,容量和语言这些特性。

由于这样的合作,第一个用晶体管的第二代大型机HITAC 5020于1964年在日本建立,它相当于美国IBM 360。1965年日立推出增

强型5020E。与此同时,美国使用的是最快最大的、用混合逻辑电路的第三代控制数据的6600计算机。虽然日本在这阶段相对美国的计算机是小型的,但我们还是喜欢和鼓励在日本的发展。尤其是除日立外,富士通和NEC也制造出与5020E性能相当的机器,从而导致更多的工业竞争。

东京大学在1965年开放了装备HITAC 5020的计算中心,1966年则更换为5020E。这是一个重要的转折,因为它不仅对东京大学的科学家,而且对全日本的大学,包括国家的,私营的和县一级的人员一视同仁地开放使用。中心一度十分繁忙。结果1969年京都大学开放一个中心,为后来的发展导致了一个新的时代,即有7所主要的大学建立了计算中心。它们采取了与东京大学相同的政策。这一重要进展意味着所有大学,包括国家实验室都建立了主要的计算中心。在以后的若干年中,加速了工业和用户之间的进一步合作,以便跟上用户的需要。

在同一期间,美国的发展也是突飞猛进,出现了控制数据的6700和IBM 370/165机。1970年日本推出HITAC 8700,比美国只落后五年,计算机在数量上最后赶上美国是在1978年。

二、超级计算机

1976年,超级机CRAY-1的出现导致一个新时代的开始,日本也有了自己的超级机系列。1983年,超级机M-280H的速度与CRAY-

1 相似。第一台 M-280H 装配在东京大学的中心。这一发展加速了日本其他公司的竞争。如富士通的 FACOM VP-100 和 VP-200, NEC 公司于同年 4 月推出的 SX 系列。值得注意的是 1983 年美国国防部长卡斯珀·温伯格承认美国在计算机发展方面落后于日本两年, 原因可能在于装备计算机的重点上。在日本超级机首先装备在大学, 如东京大学、京都大学等, 而美国和其他国家则先装备工业或国家实验室。

1985 年美国国家科学基金会决定在美国大学引入超级机。在这之前只有大的国家和私人企业的实验室才有超级机, 我必须说我为之感到骄傲的是, 日本的研究人员比国家和私人企业的实验室优先安装计算机, 以及基本政策是对教育和基础研究的关心。虽然近年来大学遇到安装的经济麻烦, 但是关于大学的计算机政策还是成功的。

表 1 计算机的发展

计算机	速度 (Mflops)	容量	年份
MARK I	1.4×10^{-7}		'44
ENIAC	3.3×10^{-4}	20W	'45
IBM701	2.2×10^{-3}	2KW-4KW	'51
FACOM100	1.0×10^{-4}	20W	'54
MARK III	1.3×10^{-3}	128W	'56
IBM 7094	0.2	32KW	'61
CDC 6600	1.0	32KW	'64
HITAC 5020	0.07	32KW	'64
HITAC 5020E	0.7	64KW	'64
CDC7600	4.0	65KW	'68
HITAC 8800	2.2	8MB	'72
ILLIAC IV	20.0	128KW	'75
HITAC M200H	5.9	2MB-16MB	'78
HITAC M280H	8.8	64MB	'81
HITAC M680H	22.0	32MB-512MB	'86

一个国家若还没有超级机, 那我有两点建议, 首先是尽快建立为一般用户服务的计算中心。其次是将中心设置在大学, 并优先让科学院的研究人员使用, 因为超级机对基础研究和教育是非常重要的。表 1 和图 1 表明每 10 年的有代表性的主要计算机。

三、物理学发展和计算机的关系

1. 原子核壳层模型

1955 年, Elliott 和 Flowers 用对角化 22×22 能量矩阵成功地解释了 ^{19}F 的能级结构。这一过程用了相当长的时间, 而后, 于 1963 年我和我的合作者在东京通过对角化 69×69 矩阵成功地计算了 ^{20}N 的能谱, 同时在阿贡实验室, 研究人员提出了壳层模型程序来研究 ^{16}O 和 ^{40}Ca 之间的 sd 壳层的原子核。理论和实验结果符合得很好, 我们所用的计算机是 CDC 3600。

1970 年, Oak Ridge 国家实验室完成了一个比阿贡实验室更强的壳层模型程序。用的是 IBM 7094 计算机和更新的机器研究 Sd 壳层的原子核。

近年来, 密西根州立大学在 Brown 和 Wildenthal 的领导下与 Oak Ridge 国家实验室合作, 得到可以计算所有属于 sd 壳层的原子核, 所用的计算机为 VAX (DEC)。图 1 表示 ^{28}Si 的结果。在此计算中, 研究人员对角化了诸如 6706×6706 的能量矩阵, 我们可以看到其能级的计算值与观察值很好地一致。因此容量更大、速度更快的计算机是必要的, 因为在大于 pf 壳层中具有很大的能级维数, 如表 2 所示

由于计算机容量和速度的提高, 矩阵计算的大小也随之增大。开始时只能计算 10×10 的矩阵, 1960 年因计算机的出现增加到 $50 \times$

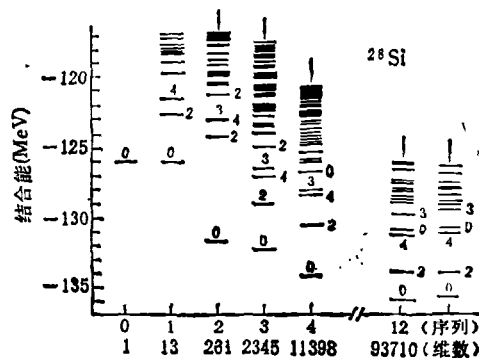


图 1 ^{28}Si 能级结合能与 $d_{5/2}$ 轨道的激励数的关系

表 2 壳层模型计算中的能级矩阵维数 N

原子核	T	J	N
^{12}C	0	2	8
^{19}F	1/2	5/2	22
^{20}Ne	1	3	69
^{28}Si	1	3	6706
^{52}Fe	1	3	4678137

50. 而后, 1970 年为 1000×1000 , 1980 年则为 10000×10000 , 而目前对角化矩阵可大到 $10^8 \times 10^8$.

2. 伊辛模型

第二个例子是对伊辛 (Ising) 模型的蒙特卡罗计算, 伊辛模型是描述非平庸合作行为的最简单模型。研究此模型有许多近似, 但最可靠的方法之一是用数字计算机的蒙特卡罗模拟。第一个蒙特卡罗模拟是 Metropolis 等建立的。以后的许多研究则可见表 3 所列。

最近 Ito 和 Kanada 采用 Suzuki 建议的有效方法, 利用通用超级机 HITAC S-820/80 作了铁磁体伊辛模型的热力学性质的计算。可以清楚地了解到有序参数的发散行为, 以及在

表 3 蒙特卡罗模拟计算伊辛模型的发展史

年 份	速 度	机 型	系 统
1957	??	ILLIAC	
1959	17	IBM704	3-D 5^3 Binary Alloy
1961	50	IBM704	Binary Alloy
1970	111K	IBM7094	2-D 4^2
1981	80K	CDC Cyber 76	3-D 40^3
1982	0.99M	CDC Cyber 76	3-D 240^3
1983	25M	专用机	3-D
1983	1.5M	专用机	3-D
1984	21.2M	CDC Cyber 205 (2 pipes)	3-D 32^3
1984	9.5M	ICI, DAP 64×64	
1984	2.2M	FPS-164	3-D 128^3
1984	219M	ICL DAP	$128 \times 128 \times 144$
1985	25M	专用机	3-D
1986	98M	CDC Cyber 205 (2 pipes)	3-D 20^3
1986	11.5M	HITAC S810/20	3-D 32^3
1987	251M	NEC SX2	3-D 64^3
1987	120M	NEC SX1	3-D 64^3
1987	1.8M	专用机	3D
1988	0.85G	HITAC S-820/80	3-D 64^3

临界点附近的响应函数。值得注意的是他们的计算较之重正化群方法更精确地给出了临界指数。

四、专用计算机

Cray 型超级机是通用机, 它无疑是功能强而有用的, 当然也很昂贵。为了降低硬件的价格, 并且提高计算速度, 特殊功能的专用机便应运而生, 例如用于夸克格点规范计算、伊辛模型

计算等。这些机器由许多相同处理单元(PV's)所组成。表 4 列出并行计算机专用于格点 QCD 计算, 在此表中的 QCD PAX 建在筑波大学。Iwasaki 等用了 480 (现为 240) 专用机, 用格点 QCD 计算了强子 (Hadron) 谱。格点大小为 $24^3 \times 60$, 它们的一些结果如表 5 所示。

图 2 表示逐年计算机速度的增长, 而且每年中也不只一次地提高。一个有趣的结果是, 专用机 QCD PAX 和 Columbia 的速度提高比 CRAY 的通用机还要快。

表 4 QCD 机

项 目	COLUMBIA	GF11	ACP MAPS	APE	QCDPAX
处理器	256 (288)	400 (576)	32 (256)	16	432 (480)
结 构	MIMD	SIMD	MIMD	SIMD	MIMD
网 络	2DNN网络	Memphis 开关	纵横开关和 超立方系统	线性阵列	2DNN网络
CPU FPU	80286	— Weitek 1032 × 2 Weitek 3332 × 2	Weitek LX 8032 芯片	— Weitek 1032 × 4 Weitek 1033 × 4	68020 LSI 逻辑 L64133
SRAM DRAM	.S(2)MB 2(B)MB	64KB 2MB	2MB 10MB	— 16MB	2MB 4MB
单 速	64M浮点	20M 浮点	20M浮点	64M浮点	28M浮点
峰值运行 (G浮点)	16 (18)	6.5 (11)	0.6 (5)	1	12 (14)
主 机	VAX 11/780	3090	Micro VAX	Micro VAX	Sun 3/260
目前状态	运行中	运行中	故障中	运行中	运行中

表 5 格点 QCD 的强子谱

格点大小	$24^3 \times 60$	$\beta = 6/g^2 = 5.85$
$K_c = 0.16162(5)$	←	$m_\pi^2 \approx 0 \text{ (MeV)}^2$ ($\leftarrow 0.02 \text{ (GeV)}^2$)
$K_s = 0.1585$	←	$m_\rho = 1020 \text{ MeV}$
$a^{-1} = 1860(60) \text{ MeV}$	←	$m_\omega = 770 \text{ MeV}$
计算值		实验值
N 1020(70) MeV		940 MeV
A 1300(160)		1230
K 504(12)		495
K* 835(53)		892
A 1100(140)		1115
Σ 1100(120)		1190
Σ^* 1240(180)		1385
D^- 1690(60)		1672
f_ρ 160(12)		154
f_ω 83(4)		79

结 束 语

正如图 3 所示, 计算机的速度提高逐年呈指数增长, 现在已达到 1G (10^9) 浮点操作, 不久将来, 在 2000 年也许速度可到 1T (10^{12}).

对于流体力学, 可以模拟一建筑物周围的气流行为. 图 4 表明用 Navier-Stokes 方程获

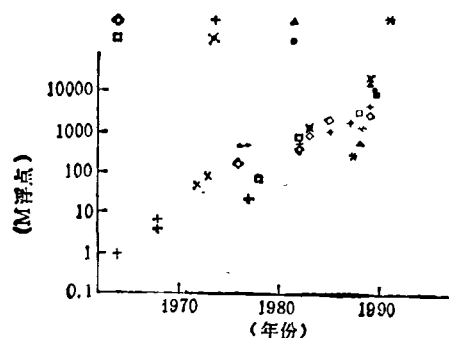


图 2 QCD 专用机

◇CRAY; □FUJITSU; ▲COLUMBIA;
*APE; □HITACHI; □NEC; ●QCD PAX

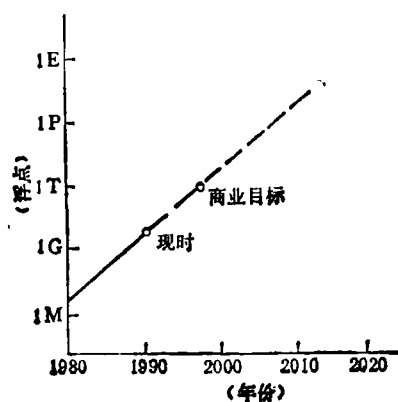


图 3 未来计算机的速度

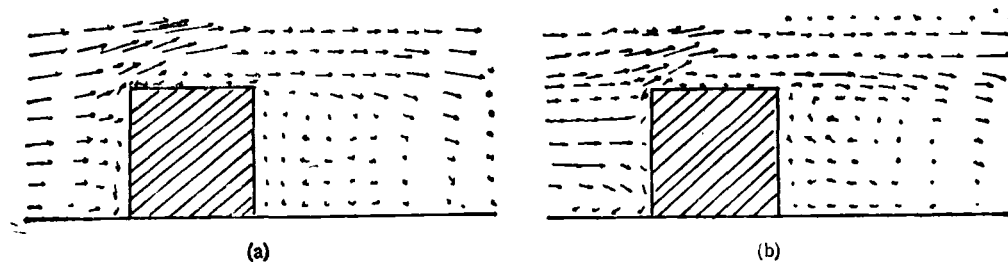


图4 风洞实验与数字模拟的比较

(a) 实验; (b) 数字模拟

得的理论结果与所观察的效果十分符合,从而可以不需要风洞实验。

我深信在不远的将来,我们可以只需计算

机而不需要做实验就能了解自然现象。

(陈佳圭根据第四届亚太地区物理学会议上的一个报告编译)

中国国际夏季物理学校北京国际高温超导物理研讨会介绍

研讨会于1990年8月27日到9月15日在北京大学召开。会议由中国科学院物理研究所、国家超导中心、北京大学负责组织。研讨会得到联合国教科文组织、中国科学院国际合作局、国家超导中心、中国科学院物理研究所、北京大学北京现代物理研究中心财政资助。

参加研讨会的有24名外国学员,他们来自亚洲、拉丁美洲、中东、欧洲18个国家和地区。学员有正副教授、讲师、在校博士生等。中国学员有29名,他们来自九个城市的大专院校和研究所。

会议的学术活动主要有高温超导物理基本知识系列讲解,以高温超导材料制备、基本电磁性能测试为主要内容的实验室活动,有专为学员介绍自己研究工作的讨论会;组织学员参观北京大学物理系、中国科学院物理研究所、冶金部有色研究院。

12位中外教师系统地、全面地向学员讲授了高温超导各个方面的现状和进展。

历时21天,授课约60小时,每次课平均有60人听课。讲课内容都录了像。待整后,录像片可供其他单位教学使用。

讲课教师名单和讲课题目如下:

A. W. Sleight (美国): 高温超导晶体化学。

E. L. Wolf (美国): 超导电子学。

甘子钊(中国): 高温超导的微观机理。

赵忠贤(中国): 高温超导氧化物的缺陷问题。

周廉(中国): 新型高温超导材料制备。

韩汝珊(中国): 与高温超导机理相关的最新实验

进展情况。

李芳华(中国): 电子显微镜在高温超导研究中的应用。

阎守胜(中国): 高温超导体电磁性质的测量。

曹烈兆(中国): 高温超导热学性质测量。

吴培亨(中国): 高温超导电子学。

姚希贤(中国): 高温超导隧道效应。

为了培养学员的实验技能、学会一套完整的超导材料制备工艺、超导性能测试技术,在北京大学物理系、中国科学院物理研究所分别开放了四个实验室,配备了17名实验指导教师负责指导学员制备超导样品和超导电磁性质测量。

样品制备在北京大学做铋系样品,在中国科学院物理研究所做钇系样品。两处都设有临界温度、磁化率测量装置。实验活动共安排了12个单元,每个单元四小时,每个学员可做25个小时的实验。

对实验工作,学员很喜欢,除了会上安排的内容外,有些学员还做了临界电流测量、磁滞回线测量等。有的学员自己带来样品,利用我们的实验条件测其性质。

来京参加研讨会的学员,有不少人在国内就是从事高温超导研究,会前他们就提出要在会上宣读论文。会议满足了他们的要求,有15人做了研究报告。

教师讲义和部分讨论会上的报告,准备出版文集,大约半年后看到。

(中国科学院物理研究所 李福祯)