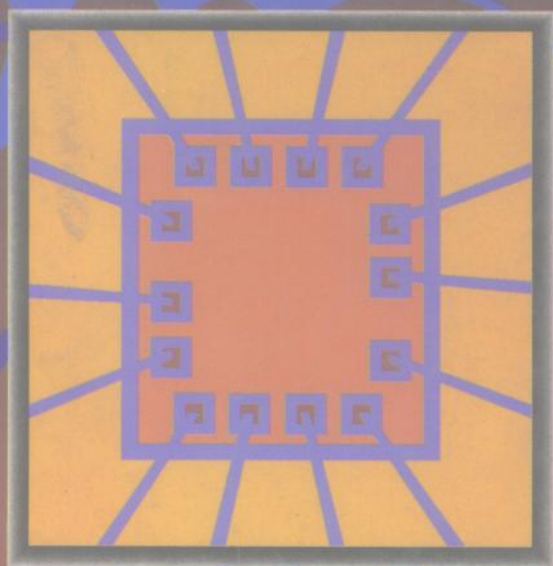


[日]神沼二真 松本元 著

生物计算机

——日本的下一代计算机

顾仲梅 甘云祥 译



国防工业出版社

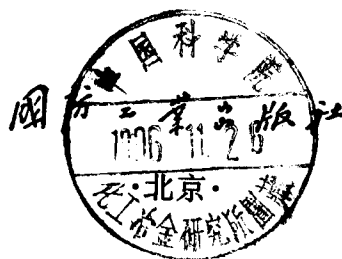
79.037

376

生物计算机 ——日本的下一代计算机

[日] 神沼二真 松本元 著
顾仲梅 甘云祥 译

351.05/06



15.6

2008.12.20

著作权合同登记 图字:军-1996-008 号

图书在版编目(CIP)数据

生物计算机——日本的下一代计算机/顾仲梅,甘云祥译.
北京:国防工业出版社,1996.6
书名原文:Biocomputer-the next generation from Japan
ISBN 7-118-01555-5

I. 生… II. ①顾…②甘… III. 生物计算机 IV. TP387

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 20645 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 7 1/2 187 千字

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月北京第 1 次印刷

印数:1-3000 册 定价:10.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

中 译 序

人类正进入信息时代,计算机科学技术是信息时代的支柱学科和技术。目前世界各发达国家均在加速信息高速公路的建设,对计算机技术也提出了许多新的更高的要求。生物计算机是目前计算机技术研究的前沿课题,是生命科学、信息科学和计算机科学等学科的交叉学科。日文版原书(1988年版)是一本很有翻译出版价值的关于生物计算技术的著作,由日本计算机领域的著名专家和研究制订未来发展规划的核心人物编著而成。1991年英译本问世。我们的中译本是按英译本译出的。

所谓生物计算技术的目标在于实现当前各类计算机所不具备的各种生物特性,为达此目的,必须采用一套全新的技术来构造生物计算机系统。显然,这绝不是单靠今天的电子技术就能解决的问题,而必须借助生物工程技术。本书共分四篇,分别介绍了生物计算机这门新学科发展的简短历史、现状和发展前景;生命科学的新发展;生物计算机的基本原理;生物计算机的发展方向和途径。目前我国还未见到过类似的著作。

该书对于人与自然和对于科学技术进步与社会之间的关系有很多新观点,可以广开思路。正如作者指出的,20世纪的科学技术的惊人发展为人们提供了很多方便,但是这些进步大多是以破坏自然环境与生态平衡为沉重代价的。因此21世纪应当是人类恢复平衡和重建人与自然之间的和谐的世纪。生物计算技术的最终目的是造出具有人类某些高级智能的计算机系统与人类并存、互补。其结果对人类的生存条件和社会的影响将是重大而深远的。

本书中文译本在出版过程中得到了国防工业出版社的帮助和

IV

大力支持,中科院计算所的惠毓明研究员和北京大学计算机系徐浚教授等人也提出了宝贵意见。我们在此谨向他们表示衷心的感谢。

译 者

1995年7月14日于北京

英 译 序

《生物计算机——日本的下一代计算机》这本书的编者——神沼二真(Tsuguchika Kaminuma)和松本元(Gen Matsumoto)没有把生物计算技术的革新称为第六代计算机,而只是强调指出某种计算技术的本质性的变化已经开始进行。然而正像计算机时代的划分并不是绝对严格那样,我们采用“第六代”这种提法。这仅仅作为一个方便的分类,以指出从硅基技术到各种碳基有机技术的飞跃,碳基有机技术是生物计算技术的核心。当然,存在一些不同的标准用来确定一个特定计算机体系的“代”,但日本所谓第五代计算机的研究项目已经把“第五代”的标签牢牢地贴在了只有有限的并行处理能力的硅基推理机上。看来会继续向这个方向发展,但是新一代计算机的产生需要一个质的变化来与这新的称呼相符。转向使用有机分子元件正是这样的不愧于被称为第六代计算机的特征。

另一方面,神经网络计算机并不明显地属于哪一代。广而言之,它只是在计算机中模拟或模仿人脑中所进行的运算的一种尝试。因此不管是串行或并行,硅基或碳基,神经网络计算技术都可以在第三代到第六代的计算机上实现。可是神经网络计算技术还是与生物计算技术有着深刻的联系。因为神经网络计算机的硬件和软件设计显然是基于人脑组织构造的原理,因此,神沼和松本常常将神经网络计算技术归入生物计算技术。

特别要指出的是硅基专用神经网络计算机在结构上与第三代或第四代计算机的相似性,必然会被它们的功能上的差别蒙上阴影,因为它们是用来进行神经网络形式的运算的。然而神经网络计算机和生物计算机在结构上的差别仅仅在于神经网络计算机是

在布局上或软件设计上采用了人脑功能的一些原理的硅基计算机,而生物计算机至少具有与有生命的神经系统相类似的某些有机硬件。换言之,不论生物计算机是否是第六代计算机的同义语,生物计算机技术在观念上是在成功的第五代计算机的最乐观的思想上又向前迈进了一大步。

还可以从另一种意义上来理解为什么生物计算技术可以被看作是新一代计算技术。正如下面某些章节的作者所提到的那样,大规模并行处理技术使得可以进行快速模式识别和大量模拟数据的处理,它被认为是人脑右半球进行信息处理的最主要的能力之一。假如由于第五代计算机可以进行逻辑、符号和语言处理,而被认为是人工大脑左半球的话,那么生物计算机可以被看作是人工大脑右半球。

我们假设这些计算技术研究规划已经成功地抓住了大脑左半球和右半球的功能的本质,这里仍然还有以下问题:(1)理解机理;(2)如何在技术上实现这两半球的联接或其信息处理的模式,这样的问题需要神经科学和计算技术去解决。应该注意的是人脑中最大的神经束——胼胝体,联接大脑两半球。人们已知它显示出比大脑皮层还要快的进化增长。解剖现象说明了神经系统的左右两个部分依据这条神经束的协调作用是不可忽视的,这可能是对《脑码》(见前言参考文献 Cook, 1986)这本书的一个很重要的注释。类似地,使得第五代和第六代系统(硅基与碳基组件)之间能互相“对话”则需要付出很大的努力。

现在仍不断有关于第五代计算技术的一些重要的发展的报道。新的专家系统,特别是在科学领域内,一个接一个地出现,PROLOG成为比较广泛应用的程序语言(见前言参考文献 Mizoguchi, 1990),人类的语言处理能力已经相当成熟,对于机器翻译系统日本已经到了能用微型计算机实现的水平(见前言参考文献 Nagao, 1989)。然而正如神沼和松本指出的,这些发展本身没有或者不可能跨入创造性和高水平的认识境界。

无论人脑在综合与合成大脑两半球的信息和获得高水平的认

识时实际采用何种机理,下面这一点都是很清楚的,即符号处理(语言)和模拟数据处理的协同作用,不能仅被看作神经科学的一个附带论题,或被看作一个在第五代和第六代计算机之间局部的单通道联系。在我们拥有能实现对人脑两半球的整体功能的完全模拟的计算机之前,似乎还要开发另一代(第七代?)计算机才行。

无论如何,至少现在已有一个第五代计算机的后继者,即被最恰当地称之为“生物计算机”的这一代。世界各大学和私有企业提出了很多属于生物计算技术范畴的发现和见解。而在日本,人们的注意力和投资正在迅速地向这方面集中。这一点可以由日本的出版界得到证实,很多书籍和期刊大量登载关于神经网络、神经计算技术和生物计算技术的研究文章。更引人注目地是,继组织了第五代计算机的研究项目之后,日本国际贸易和工业部又制定了两个在生物计算技术方面的十年研究规划。得到始自1990年的10年资助的第一个项目是生物器件研究。第二个是关于生物计算机的研究。在计算技术的各个不同领域里的成果不断在世界各地涌现。本书由九位在该领域内的资深学者撰著,反映了当前日本研究的最新水平。

在本书重复出现的各论题中,下面几个是特别值得注意的。(1)在大脑皮层中有一个结构和功能单元,这个单元不仅是一个神经元,而且是一个包含几百个到几千个神经元的皮层圆柱体。(2)同样,仅具有几百个人工“神经元”的仿真神经网络,已经能以接近真实生理过程的方式进行有效运算。(3)第六代计算机不仅要实现第五代计算机的逻辑推理机制,还应体现“类似右半球”的功能——包括模拟数据处理、创造性、感情、或许甚至是下意识观念。

总之,这些论题揭示出一个仿生计算机结构发展的重要可能性。即考虑一个具有联接在一起的协处理器的神经网络计算器——其中一个处理器是用于(类似左半脑的)逻辑、符号运算,另一个是用于(类似于右半脑)处理上下文、高阶蕴涵和也正在前一个处理器中同时处理的逻辑上欠严格的信息内涵。这样一个联接在一起的协处理器的结构将用来模拟动物(并且最主要的是人类)神

经系统的最重要的结构,即两种处理双向联接的这种机构,将从微观的角度去处理两种互补的思维模式之间协同的问题。从这一角度出发,研制模拟人脑的神经网络计算机的第一个任务是设计一个具有互补功能的协处理器,然后即是把大量的这样的协处理器联接在一起。换言之,在探讨用于大规模并行处理的 n -协处理器问题之前,应首先解决互补协处理器的设计,然后再讨论 n -协处理器的问题。

本书对于使用无大规模并行处理的硅基元件的计算机技术的前途是不乐观的,但是编者对于一旦新的碳基技术充分发展起来之后生物计算技术的潜力和人文应用是非常乐观的。更具纯理论性的最终会更使人感兴趣的是编者的论点——生物计算技术本质上是与人工生命技术相联系的。换言之,对细胞机制的更深刻的理解,将使得在生物计算机中可使用有生命的分子,也将不可避免地使在比目前生物技术所能达到的更广泛的程度上处理生命形式成为可能。这种“人工智能”具有探查和或许改变生物形式的进化的更大潜力,并且可能是一个更有争议的课题,一个比生物计算机本身更冒险的试探。

诺曼 D. 库克(Norman D. Cook), 苏黎世

原 序

“生物计算机”和“生物计算技术”这两个词近来已经应用于生命科学和计算机科学两个学科中。由于从事这个课题的研究,我们感到有必要解释什么是“生物计算技术”的含义,以及“生物计算机”与以往计算机的差别。有些热心人问:生物计算机是否就是继正在发展中的第五代计算机之后的第六代计算机?直率地说,鉴于有关生物计算机未来的发展方向的很多问题还没有解决,我们不能肯定这种提法具有特殊重要的意义。在生物计算技术这个名词中的“生物”这一部分当然意味着从生物的组织中,特别是从大脑和神经系统中所发现的一些机理,但是我们还没有弄清大脑的基本工程原理和在技术上应用这些机理的方法。

无论如何,我们的确知道,今天科学技术的主要趋势之一是发展生物计算机。简短地说,生物计算机是既具有当前计算机功能又具有生命组织功能的一种计算机。目前有三种主要方案用来构造生物计算机(见前言参考文献 Kaminuma, 1985a, 1985b)。

1. 研究生物学,特别是研究活着的大脑的作用机理,并将这些结果用来重新设计基于半导体技术的计算机软件和硬件。

2. 开发与生物宏分子类似或由其构成的生物元件,然后开发应用由这些元件构成的生物芯片,最终构造生物计算机。

3. 人造生命技术的开发,以及进一步在具有人工智能或者是超人智能的计算机的开发中应用生物个体发生或进化的机理。

对于生物计算技术的第一种研究手段,可能会产生异议,认为它与在几十年前已经提出的一些研制手段,诸如仿生学,没有明显的差别。至于对第二条途径,人们可能会认为,生物芯片,甚至生物计算机都可能会造出,但这并不必然意味着这种机器就会比今

天的计算机要强得多。而对于“人工生命”这条途径,由于完全忽略了生命是什么,恰当地说,向这个方向的发展直到本世纪末甚至更远都是不可能的,如果不存在技术上的问题,我们还必须面对真正的伦理上的问题。

那么究竟为什么我们必须把生物学甚至大脑的功能与当前的计算机结合起来呢?回答是因为我们相信有很多的因素促使我们希望能造出比今天的计算机的各种能力要大得多的计算机,而实现这种改进的一条途径就是逼真地模仿具有这些能力的生物系统。这些能力包括极精细的机械控制、更清晰和迅速的模式识别、灵活和智能化的人机对话能力,以及甚至超过最好的专家的高水平的推理能力。

当然,有人可能会问,是否这样的功能可以通过现行的大规模的计算机研究项目来实现——例如正在不断完善的超级计算机和并行处理逻辑推理机(所谓的第五代计算机)。回答即是肯定又是否定的。因为计算机的能力都是与其它一些系统的进展相关的,因此基本上很难想象某种功能绝对可以或不可以用任何给定的技术条件来实现。但是,当前所有的研究发展计划中没有一个是实现与人的智能相似的认识功能,或目的是实现与有生命的组织一样的灵活和精细的信息处理能力。而且,没有一个是致力于实现像发现缺陷、识别和改正错误之类的生物功能。更进一步地讲,无论是在生物个体解剖,还是生物进化过程中所观察到的各种生命形式的最典型的生物功能,如自律性、自组织、自更新和发展,在当前的计算机中是全然没有的。

总之,生物计算技术的目的是在技术上实现当前计算机所不具有的各种生物功能。但是这样的意图能否作为现代化的半导体技术的延续而成功呢?或许可能它必须采用全新的技术——将生物结构结合应用的技术,或在某些情况下应用生物材料的技术,来构造人工生物系统。假如是后者,将必须使用与今天的电子技术完全不同的、所谓的生物工程技术。假如是这样一种局面,生物计算技术将会是一个涉及非常广泛的科学领域的一门学科。不能说

这样一个范围广泛的学科的所有目标都包含在当前工程的范畴之内。但是可以说,现在存在着某种开始进行这种研究的热情,而且我们相信,至少这种研究的科学基础现在已经奠定。

20 世纪是一个物理学的基本定律被澄清的时代。这些被澄清了的见解不仅对其它的自然科学(化学和生物),而且对工程应用科学和医学都有极大的影响。引人注目的是,一位在奠定量子力学的基础中做出贡献的物理学家欧文·薛定鄂,在他 1944 年发表的一本著名的书《什么是生命》中谈到,可能有些现在还不被物理学所认识的新的自然规律跟生命过程有关。在这本书的影响下,很多年轻的物理学家离开了许多基本问题已经得到解决的与物理现实有关的基础物理的研究,为奠定分子生物学的基础做出了显著的贡献。

然而,生命的基本机理揭示得越多,越感到这里并没有什么物理学家所不了解的作用力或自然规律。现在,人们发现生命的秘密就在以基因密码的形式存在于已知的信息系统中。人们并没有发现什么未知的“生命力”,发现的只是关于分子的高阶信息结构的规律。为了理解生命的动力特性,生物学结构不应只作为物理实体来研究,同样还必须作为一个信息过程来研究(渡道哲(Satochi Watanabe)在他的《生命与自由度》这本书中强调了这一观点)。

信息科学一直在与计算机科学同时发展着,但是其进展主要在数理逻辑和通信工程方面,而没有在自然科学方面。为了使信息科学能作为一门真正的科学来发展,基本的一点是它应与生命科学携手并进。假如这样做的话,信息科学研究将必然成为生物计算技术的科学基础。我们预期在不久的将来,计算机科学和生命科学的交流将在信息科学的一个宽广的学科领域内深化。

生物计算机将作为这样一些学科自然融合的技术成果而产生。因此,我们相信,生物计算机在概念上与以前几代计算机的技术发展是完全不同的。生物计算技术既涉及基础研究,又涉及应用研究,并且看来会对很大范围的科学技术领域的发展产生极大

影响。

本书分为四篇,第一篇是关于计算技术的简短历史和关于当前的与新的计算机的说明。第二篇引入作为生物计算机基础的生命科学的概念和发展。第三篇探讨在生物计算机的概念中同第二篇中所描述的概念有关的部分。这里讨论了所谓生物芯片计算机、神经网络计算机和具有创造性智能的计算机的可能性。第四篇提出了一个研究计划,并展开了一些对生物计算技术可能产生影响的探讨。第一和第四篇是由编者写的,第二篇和第三篇的作者除了编者外还包括一些著名的撰稿者。

我们想强调指出,第一和第四篇只是反映了编者本人对生物计算技术发展的一些观点,并不一定代表其它作者的观点。换言之,每一位作者都在某种程度上展开了他自己关于生物计算机的观点,而的确我们也希望读者不拘一格。

我们编写本书的主要目的是与广大读者,特别是与年轻的研究人员交流在计算技术和生命科学中的发展,以及这两门学科间的互相影响等问题。假如我们能激发读者的智慧和好奇心,甚至激发新的研究活动,我们将是十分欣慰的。最后,十分感谢允许我们在本书中使用他们的图和照片的人们,感谢帮我们耐心地做了许多无名工作的纪伊国屋出版社的水野弘(Hiroshi Mizuno)先生。

神沼二真和松本元于东京

作者名单

相泽益男(Masuo Aizawa), 东京理工学院:第八章。

藤原正三(Shozo Fuziwara), 日本电气公司(NEC)基础研究所:第九章。

法桥登(Noboru Hakkyou), 日立能量研究所:第七章。

伊藤正男(Masao Itoh), 东京大学医学院:第六章。

香川靖雄(Yasuo Kagawa), 自治医科大学:第四章。

神沼二真(Tsuguchika Kaminuma), 日立信息系统研究所:第一、二、三、五、十、十一、十二章。

松本元(Gen Matsumoto), 电子技术研究所模拟信息研究实验室(TEL)和国际贸易与工业部(MITI)生物器件研究中心:第一、二、三、九、十一、十二、十三章。

三轮锭司(Joji Miwa), 基础研究所:第五章。

田伏洋(Yoh Tabuse), NEC 基础研究所:第五章。

内 容 简 介

生物计算机是目前计算机技术研究的前沿课题,是生命科学、信息科学和计算机科学的交叉学科。生物计算机技术的最终目的就是造出具有像人一样的高级智能的计算机系统。其对人类的生存条件和社会的影响将是重大而深远的。

本书共分为四篇。主要介绍了生物计算机这门新学科发展的简短历史、现代水平和发展前景;生命科学的新发展;生物计算机的基本原理;生物计算机的发展方向和途径。本书原著是由日本计算机领域的著名专家和研究制定未来发展计划的核心人物编著而成的,是一本很有学术和应用价值的生物计算技术领域的专著。

本书可供从事计算机工作的科技人员阅读,也可供有关大专院校的师生参考。

目 录

第一篇 生物计算技术学科的诞生

第一章 计算技术的进步	1
1.1 从科学殿堂到普通家庭	1
1.2 计算机变化的几个方面	3
1.3 从计算机到多用途机的转化	7
1.4 计算机的进步和生物学演化的相似性	13
第二章 未来的计算机	15
2.1 计算机技术的成熟	15
2.2 当前计算机存在的问题	16
2.3 重估冯·纽曼体系	23
2.4 关于非冯·纽曼体系的研究	24
2.5 超级计算机	25
2.6 大规模并行处理机	29
2.7 推理机	30
2.8 图象处理和光学计算机	32
第三章 由生命科学得到的期望	37
3.1 生物计算机的概念	37
3.2 生命科学与计算机科学之间的蜜月	38
3.3 在间歇期间的进展	44
3.4 生命科学的前景	48
3.5 新的交流的开始	51
3.6 生物计算技术作为一个技术新大陆	53

第二篇 生命科学的新进展

第四章 生物动力学和生物装置	56
----------------------	----

4.1	ATP 和生物能的转换	56
4.2	能量新陈代谢的直接测量	58
4.3	器件和生物动力学回路	61
4.4	生物器件最终的集成化	62
4.5	生物器件的特性和灵敏度	63
4.6	用生物器件制作的放大器	65
4.7	用生物器件制作的模数转换器	67
4.8	有机电流	69
4.9	合成 ATP 的催化剂	72
4.10	未来的生物器件	74
第五章 生物组织中的信息处理		76
5.1	发生生物学和计算机研究	76
5.2	布伦纳把生命现象看作计算机的观点	79
5.3	对线虫的研究	82
5.4	什么是 <i>C. elegans</i>	83
5.5	结论	88
第六章 大脑神经网络		89
6.1	作为大脑功能单元的神经元	90
6.2	大脑神经网络	92
6.3	大脑的各功能系统	97
6.4	脑科学的未来	101
第七章 思维和创造性		102
7.1	思维和创造性的定义	102
7.2	生物器官对“相同”和“新”的感知	103
7.3	拒绝的机理	104
7.4	免疫反应的创造性	106
7.5	对于思维和自觉运动的进化压力	107
7.6	长期记忆和信息的生物学价值	109
7.7	记忆和意识	110
7.8	创造性的生物学价值	112
7.9	脑波语言和等离子机	112

第三篇 生物计算机的一般原理

第八章 生物器件计算机	115
-------------------	-----