

# 首届中国神经信息学 讨论会摘要

2000.11.25-12.2 海口



中国科学院视觉信息加工开放实验室编印

# 首届中国神经信息学讨论会

组织委员会：主席：刁云程（中国科学院视觉信息加工开放实验室）

成员：顾锦坤（国家自然科学基金委员会生命科学部）

张信文（海南师范学院）

赫荣乔（中国科学院视觉信息加工开放实验室）

沈钧贤（中国科学院视觉信息加工开放实验室）

吴梅英（中国科学院视觉信息加工开放实验室）

学术委员会 主任：李朝义（中国科学院上海神经科学研究所）

成员：王书荣（中国科学院视觉信息加工开放实验室）

刁云程（中国科学院视觉信息加工开放实验室）

沈钧贤（中国科学院视觉信息加工开放实验室）

主办单位：中国生物物理学会神经生物物理学专业委员会

中国科学院视觉信息加工开放实验室

海南师范学院

## 前 言

虽然神经信息学领域的研究工作至少已有数十年之久，但是它作为一门学科在国际上出现还只不过是二、三年的事。脑或神经系统的重要性如今已经是一种常识，从对身体内外环境变化的感觉到对身体各种组织器官运动的支配，从学习记忆到意识、情绪、思维等高级神经活动，无一不是在脑的参与和支配下完成的。脑的上述各种功能都与信息有关，我们认为对信息的接收、存储和利用是脑功能的核心。各个国家和各种机构投入巨资开展脑和神经科学研究，其重要原因就是设法保证脑的信息处理功能得到正常发挥，或使受损的脑信息处理功能恢复正常，或研究如何更有效地发挥甚至模拟脑的这种功能。

受惠于多年来脑研究的进展和物理学、数学、计算机科学的飞速发展，神经信息学作为一门学科终于应运而生，尽管对它的定义和含盖范围的意见可能还不统一，但是有一点肯定达成了共识：神经信息学是脑科学、行为科学和信息科学、计算机科学相交叉的边缘学科，它的发展必将大大推进脑科学乃至

计算机科学的发展，因为借助于先进的信息科学的工具和方法，神经信息学将使脑和行为学家获取更加有意义的资料并能更好地利用这些资料，有望解决生物学实验中信息量过大这个严重问题，并且能将自己的研究结果与不同的实验对象、不同的研究水平、不同方法以及不同实验室的研究结果联系起来。反之，脑和行为学所积累的资料在数量、多样性和复杂性方面所带来的挑战将给信息学和计算机学家以动力，去扩展他们自己的学科界限。

值得高兴的是，今天我国关心神经信息学的一些同事能够有机会聚在一起，交流自己的研究成果，讨论有关神经信息学所面临的问题，探讨在国际上也刚刚起步的阶段，如何将我国神经信息学的研究推向前进。我们相信，这次会议的意义将是深远的。

刁云程 王书荣

2000 年 11 月

# 中国首届神经信息学讨论会

## 学术交流安排(根据具体情况可能有小的调整)

(2000年11月25-29日,海口)

11月25日(六) 报到

11月26日(日) 上午

8:30-9:00 开幕式 主持:张信文

致词:刁云程

海南师范学院领导讲话

**特邀报告** (每位报告40分钟,讨论5分钟) 主持:刁云程

9:00-9:45 沈钧贤:迎接“人类脑计划”,加强神经信息学研究

9:45-10:00 休息

10:00-10:45 李朝义:认知神经科学的研究途径

10:45-11:30 陈惟昌:神经信息学原理及其展望

11月26日 下午 主持:沈钧贤

2:00-2:45 范思陆:多方式神经图像与认知研究:整体脑、复杂心理  
过程、与无创性方法

**研究工作交流** (报告20分钟,讨论5分钟)

2:45-3:10 李葆明:前额叶皮层腹侧部与“刺激-反应”联合学习

3:10-3:35 李东风: The effect on birdsong following the impairment  
of different parts of the song control pathway in songbirds

3:35-4:00 梁培基:视网膜外网状层突触可塑性:实验及模型分析

4:00-4:15 休息

4:15—4:50 刘 伟:神经信息学之侧面观:神经系统发育的机理

4:50—5:15 顾 勇:鸟类扁豆核与基底视束核的功能相互作用

11月27日 上 午 主持:李朝义

8:30-8:55 寿天德: Optical imaging reveals visual cortical orientation columns in the absence of GABAergic inhibition: An study of in vivo intrinsic signal optical imaging combined with pharmacological method

8:55-9:20 李 量: 存在于感觉运动门控中的双耳抑制

9:20-9:45 孙复川: 双眼竞争(Binocular Rivalry)与眼球运动

9:45-10:10 李兵: 猫初级和纹外视皮层对运动视觉信息的加工

10:10-10:25 休 息

10:25-10:50 汪云九: 动物视觉系统模式识别的数学模型

10:50-11:15 田 心: 脑干信息传导障碍的混沌学研究

11:15-11:50 罗跃嘉: 认知神经科学的研究热点

11月27日 下 午 主持:王书荣

2:00-2:25 翁旭初: 脑功能成像技术在人脑功能研究中的价值

2:25-2:50 王涌天: 虚拟现实技术在视觉神经科学研究中的应用

2:50-3:20 包新民: 纹状体边缘区内乙酰胆碱的分布及其与学习记忆的关系

### 圆桌讨论

3:20-3:50 顾锦坤: 我国神经科学研究现状及展望

3:50-5:45 自由发言

11月28日 分 组 会

# 目 录

|                 |                                                                                                                                                                                                            |    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 沈钧贤             | 迎接“人类脑计划”，加强神经信息学研究 .....                                                                                                                                                                                  | 1  |
| 陈惟昌             | 神经信息学原理及其展望 .....                                                                                                                                                                                          | 9  |
| 范思陆             | 多方式神经图像与认知研究 .....                                                                                                                                                                                         | 13 |
| 李葆明 王敏          | 前额叶皮层腹侧部与“刺激-反应”联合学习 .....                                                                                                                                                                                 | 24 |
| 李东风 蒋锦昌         | <i>The effect on birdsong following the impairment of different parts of the song control pathway in songbirds.</i> .....                                                                                  | 25 |
| 胡剑锋 刘渝 梁培基      | 视网膜外网状层突触可塑性：实验及模型分析 .....                                                                                                                                                                                 | 27 |
| 刘伟 赫荣乔          | 神经信息学之侧面观：神经系统发育的机理 .....                                                                                                                                                                                  | 28 |
| 顾勇 王远 王书荣       | 鸟类扁豆核与基底视束核的功能相互作用 .....                                                                                                                                                                                   | 29 |
| 寿天德 于宏波         | <i>Optical imaging reveals visual cortical orientation columns in the absence of GABAergic inhibition: An study of in vivo intrinsic signal optical imaging combined with pharmacological method</i> ..... | 30 |
| 李量              | 存在于感觉运动门控中的双耳抑制 .....                                                                                                                                                                                      | 32 |
| 孙复川             | 双眼竞争(Binocular Rivalry)与眼球运动 .....                                                                                                                                                                         | 34 |
| 汪云九             | 动物视觉系统模式识别的数学模型 .....                                                                                                                                                                                      | 35 |
| 田心              | 脑干信息传导障碍的混沌学研究 .....                                                                                                                                                                                       | 39 |
| 罗跃嘉             | 认知神经科学的研究热点 .....                                                                                                                                                                                          | 41 |
| 翁旭初             | 脑功能成像技术在人脑功能研究中的价值 .....                                                                                                                                                                                   | 43 |
| 郑祎 袁慧晶 王涌天      | 虚拟现实技术在视觉神经科学研究中的应用 .....                                                                                                                                                                                  | 45 |
| 包新民 舒斯云 张魁华 曾建新 | 纹状体边缘区内乙酰胆碱的分布及其与学习记忆的关系 .....                                                                                                                                                                             | 51 |
| 陈垚 李兵 李宝旺 刁云程   | 利用运动“随机”线条图刺激在猫视皮层揭示                                                                                                                                                                                       |    |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 出两种不同的方向调谐特性 .....                                                              | 52 |
| 冯春华 王顺鹏 李岩 郭爱克 转基因果蝇 <i>APPL</i> 脑培养神经细胞形态发育<br>及功能特性的研究 .....                  | 53 |
| 蒋锦昌 杨新宇 徐慕玲 陈浩 蝉类发声的神经控制 .....                                                  | 55 |
| 柯学 隋南 基本几何图形对视觉察的启动效应 .....                                                     | 56 |
| 李宝旺 李兵 陈垚 云程 猫视皮层神经元对光流刺激的反应特性 .....                                            | 58 |
| 李兵 李宝旺 陈垚 徐颖 张月婷 刁云程 猫初级和纹外视皮层对运动视觉<br>信息的加工 .....                              | 59 |
| 李军 朱红毅 利用结合局域优化的全局优化算法求解脑磁逆问题 .....                                             | 61 |
| 刘力 龚海韵 果蝇蘑菇体对视觉信息的归纳作用 .....                                                    | 63 |
| 刘渝 胡剑锋 梁培基 鲫鱼视网膜颜色型水平细胞的对红光反应的突触机<br>制及其调节 .....                                | 65 |
| 童剑亮 孙复川 亮度和颜色通道时间脉冲特性的 <i>OKN</i> 眼动研究 .....                                    | 66 |
| 吴卫国 蝇类昆虫视觉系统的信息加工及工程模拟 .....                                                    | 67 |
| 项辉 昆虫性信息素通讯及神经机制 .....                                                          | 68 |
| 肖悦梅 徐颖 张月婷 王连红 苏国辉 郑拱秋 刁云程 金黄地鼠视皮层生<br>后发育中 <i>NADPH-Diaphorase</i> 活性的变化 ..... | 70 |
| 徐颖 李兵 刁云程 猫 <i>PMLS</i> 区神经元对长时程光流刺激的适应 .....                                   | 71 |
| 杨新宇 陈浩 徐慕玲 蒋锦昌 鸣叫雄蝉的听觉反应及其与发声的内源<br>关系 .....                                    | 72 |

# 迎接“人类脑计划”，加强神经信息学研究

沈钧贤

(中国科学院生物物理研究所，视觉信息加工开放研究实验室)

喜讯传来！2000 年 Nobel 生理学或医学奖授予瑞典科学家 Arvid Carlsson, 美国科学家 Paul Greengard 和 Eric Kandel，以表彰他们在“Signal transduction in the nervous system” (神经系统中的信号转导) 方面的开创性重要发现。他们的发现是当代神经科学的基石。全世界神经科学家都为之欢欣鼓舞。

## 一、挑战与机遇

人类即将进入新千年。我们正经历着一场真正的信息技术(IT)革命。“人类基因组计划”(HGP)启动于 1990 年，它是分子生物学与分子技术革命的产物，也是信息管理的最好例子。没有 IT，根本不可能管理 HGP 所产生的数据。应用生物信息学，开发出分析、比较 DNA 和蛋白质序列的算法与数据管理工具，建立蛋白质结构模型，并注释数据库。还有许多计算机系统可以自动获得、管理分析与传送实验数据和数据库，快速传送基因组研究新发现。尽管如此，HGP 还有如错误进入，旧资料更新，数据库之间互动等问题。

许多生物学领域利用 IT。NIH 国家医学图书馆有一个大的数据库资源，提供涵盖医学、护理学、牙医学、兽医学、健康照管系统与基础科学各个领域的分类数据库；还有多个世界范围的数据库，如线虫完整基因组序列，蛋白质结构，小鼠基因组，微生物与寄生物基因组，在大鼠与小鼠中表达的序列及基因组，斑马鱼与果蝇基因组，玉米基因组、各种分子模型等等。然而，IT 革命的冲击刚刚开始影响神经科学研究领域。

神经科学研究倾注全力了解神经系统的发育、结构与功能，汇集着用众多分析

方法得到的不同种类的结构与功能分析实验数据。最近 20 年由于技术的进步，用新方法分析神经系统功能的能力有极大增强。特别是分子生物学、遗传学与功能基因组学各领域的伟大成功，为研究神经系统的发育、阐述脑个别与整合功能机制的神经科学家提供了强有力的工具。应用 DNA 芯片与表达陈列技术，有可能在分离的神经元群体中，在特定的生理条件下，或各种神经系统疾病条件下，同时研究成千个基因或信使 RNA 与蛋白质。

fMRI、PET 等无创伤脑成像新技术，好比窥探脑的窗口，可以看到与活人行为及调节活动有关的脑结构与功能的细节。这些新方法、新技术极大增强了我们在微观与宏观两个水平上研究与了解神经系统的能力。同时，也产生了十分庞大的数据。据统计，神经科学领域几乎每天都涌现新的发现。全世界神经科学重要文献，每月有 200 多篇发表在核心科学刊物上，文献累计量正以指数级增长。

神经科学家面临的挑战，就是怎样灵活有效地管理与整合所有数据，最大限度地了解脑的各个组分及其在网络与回路中协调工作的原理；建立与检测各种模型，模拟神经系统功能，使之成为真实生物学的反映；计算生物学具有特别重要性，因为神经系统是可塑的和动态的，通过生物学建模与模拟及实验与理论之间相互作用，才有可能将不同水平的功能整合起来，并为未来实验制订合适的框架。因此，对神经科学家来说，迫切需要与信息科学家合作，开发互动的信息管理系统和相应的工具与能力。

IT 革命提供价廉而功能强大的计算机。IT 使科学家揭示基因组及其调控机制的能力革命化。没有生物信息学，对于利用传统的图书馆研究杂志搜索相同数据的科学家来说是一个几乎不可能的、乏味的与艰巨的任务。有了生物信息学工具和对使用者友好的数据库，生物学家能够在几个小时或几天内收集并分析全世界的数据，并利用这些数据设计和进行新的实验，提供关于遗传机制的新知识。

通过发展神经信息学，神经科学领域也能具备相似的能力。神经信息学是神经

科学与信息学（包括计算）相结合的跨学科研究，目标是开发和应用“了解脑”所需要的先进工具与途径。神经信息学位于医学、生物学与行为科学、物理学、计算机学、数学与工程技术的交叉点上。这些学科共同合作，将为神经科学建立新的数字化获得，存储与分析能力，以了解与分享神经科学数据。神经信息学将为不断增加的神经系统结构与功能数据提供全球信息管理系统。

## 二、“人类脑计划”的产生

人类脑计划的基本概念萌芽于 1980 年代早期。在美国国防部资助、NIH 与 NSF 的神经科学家、计算机科学家与前瞻性项目负责人参加的会议期间，集中讨论了“利用新的计算机技术建立脑的数据库或模型”这个议题。1988 年由“酒精、药物与精神健康”管理局（现已解体归到 NIH）组织的一次会议上，重新研究了 this 议题，指出“假如计算机科学进步就可再评价这个议题”。根据这一点，NIMH, NIDA 和 NSF 联合与美国科学院医学研究所(IOM) 订立合约，成立“国家神经回路数据库委员会”。该委员会一开始彼此为各自学科争论不休，后来怀疑“应用新 IT 于神经科学领域这样的时代是否已到来”。

IOM 委员会清楚说明有几项巨大挑战：1）合作完成该任务的科学界都有各自独特的语言与数据采集架构；2）需要兼顾开发、投资与结构各方面的创造性与变通性；3）当时虽然 IT 与物理学和许多基础生物学已有重大协作，但没有与生物医学和行为科学发生关系。生物医学与行为科学还需要订个计划，促进与 IT 联姻；4）最后，这个委员会在生物医学资助严重困难期间开会，对建脑图的方案表示极大忧虑和强烈反对，他们担心传统的研究人员所从事的研究工作将被逐渐削弱。

此后两年内，IOM 委员会 16 个成员不仅彼此相聚研讨这些问题，而且与若干任务组会见，举行公开听证会，并请求广大神经科学界提出书面意见。最后，受 IT 令人激动的新能力鼓舞，对某个计划的巨大热情产生了。1991 年 IOM 委员会发布

题为《*Mapping the Brain and its Function: Integrating Enabling Technologies into Neuroscience Research*》报告，建议设立一项试验计划，资助那些愿意将实验手段与电子“能力”开发相结合的研究室组。于是，一门新颖的研究学科——“神经信息学”诞生了。1992 年 NIMH 召集其他政府部门参加一系列会议，正式确定支持这一行动，制定了相应政策：建立了“人类脑计划”联邦部际协调委员会(FICC-HBP)，协调、指导与组织这项多部门行动。当前得到四个部 15 个联邦机构，即 NIH (NIMH, NIDA, NIA, NICHD, NIDCD, NLM, NHLBI, NIDCR, NIAAA, NINDS, FIC, NCI), NSF, NASA 和 DOE 的资助，由 NIMH 协调。1993 年 4 月由美国联邦资助小组联合发布“人类脑计划”(Human Brain Project, HBP)第一个项目公告“HBP：第一期可行性研究”。从此，它得到与“人类基因组计划”相媲美的“人类脑计划”名称。

HBP 提供研究支持，开展健康脑与病脑的分子、细胞、回路和系统的完整构图工作，开发用于获得、存储、管理、分析、整合与传播神经科学研究数据的新技术。每年 10 月接受基金申请，2000 年开始改为一年两次。由委员会成员根据标准的 NIH 评审程序评审。公告内容很广，包括神经科学研究的所有方面，唯一的限制是申请要在神经科学与信息学两方面都有研究内容。目标是开始建立最新的数字化工具，在技术上适合于神经科学家，且对用户友好。该计划 1993 年起步，资助 23 项，2000 年批准资助 19 项（即保留 16 项，暂停 7 项，新增 3 项）。所有基金由多个单位提供，惠及美国与国外许多单位许多研究人员。应强调指出，HBP 与 HGP 一样，包含所有物种，如无脊椎动物，鱼，蛙，鸟，啮齿类，猫，非人灵长类和人类。人们公认现代生物医学研究基本原则是需对所有物种进行基础研究，为了解与改进人的健康作贡献。正在开发的工具涉及数据提供、分析、整合、合成与存储等方面。还有一些研究人员研究数据咨询与提取，数据库工具和电子合作工具。他们所采用的分析层次从分子、细胞到系统与整个脑功能，还包括生物学模型与模拟。

### 三、当前“人类脑计划”资助项目（举例）

#### 1. Neurozoom (Floyd Bloom at the Scripps Research institute, La Jolla, CA):

Neurozoom 是更大项目的一部分，目的是开发目标定向的软件包，可以处理各个分辨率层次的显微数据，以整合的精确定量的三维方式分析与显示这些数据。这个软件具有定量显微能力，能对整脑或局部脑区常规光学或共聚焦显微镜宏观测量的细胞与细胞局部及其连接，到亚显微水平的亚细胞细胞器、突触与树突棘，进行作图与结构验证。信息学目标集中于显微计算机界面，及将 Neurozoom 与图谱和数据库相联系。此项目的神经科学目标是研究可能患 Alzheimer 病的细胞与回路中与神经元退化有关的分子。

2. Kristen M. Harris (Boston 儿童医院): “脑内突触的三维结构与功能”。信息学目标是改进亚显微水平解剖学数据的定量分析与使用方法。分三部分：1) 开发 PC 为基础的软件，依据连续脑切片(尤其是连续电镜切片)进行成像、分析与三维重建；2) 开发关于突触与突触四周解剖学的互联网库；3) 开发软件工具，确定模式、突触图形及连接。神经科学研究目标是检测在发育与可塑性期间突触结构怎样影响突触功能，及检验计算研究突触功能变化的结构模型。

3. Dan Gardner (Cornell 大学): “体感皮层神经元生理学”。信息学目标是脑神经生理学的网络数据库，包括体感皮层神经元与它们对特殊刺激反应的特征性神经生理学数据。获得的数据可表征皮层神经元及其对皮肤刺激的反应，有些参数描述记录方法学，刺激程式与电生理反应。将开发 Web 为基础的工具，支持皮层电生理学可用的单个与多个电极的锋脉冲串与相似数据的获得、询问与可视。神经科学目标是将若干实验室的神经生理学数据整合起来，目的是了解皮层网络及其在手感觉中起的作用。

4. David Van Essen(St. Louis Washington 大学): “大脑皮层的重建与表达”。信

息学目标是开发与应用一套计算机软件，以表达灵长类大脑皮层的结构、组构与功能信息。重点是大脑皮层，因为它有广泛的盘旋，特别在人类，不同个体这些盘旋的可变性，以及整个皮层板上布署的各个皮层区复杂的排列。目的是建立一套灵活的功能很强的工具，可视不同构型的皮层，并将单个半球的信息放在以表面为基础的标准皮层图谱上。这些工具将帮助许多实验室的神经科学家进行非人类灵长类和人类大脑皮层的解剖学及功能研究。

5. John Mazziotta (UCLA 大学): “人脑的概率参考系统”。信息学目标是建立结构神经解剖学领域的工具，加上从 fMRI 和 PET 图象获得的功能性测量，与包括细胞结构与化学结构信息在内的显微结构数据结合起来。神经科学目标是检查正常人脑显微及宏观结构与功能的相互关系和多样性，建立脑疾患者的概率图谱。

6. Gordon Shepherd (Yale 大学): “多学科感觉数据的整合”。信息学目标是创立整合不同类型数据的数据库，提供数据库工具，以便查阅这些数据库。另外，建立模型以检验神经科学理论和创立神经科学原理。神经科学工作是利用嗅觉通路作为一个模式系统，将不同类型的数据整合到分子机理、神经元及回路模型中，因为其组构相对简单。还有几个特殊的数据库：1) 嗅觉受体，具有对嗅觉受体蛋白质编码的大基因组群；2) 神经元膜特性，即电压门控通道的数据库；3) 神经递质；4) 神经递质受体；5) 神经元的计算模型；和 6) 嗅觉通路以及选择性脑区的神经回路。

7. James Bower (CIT): “以模拟为基础的神经元数据库”。注重神经元功能建模,建立通用神经模拟系统 GENESIS (GEneral NEural Simulation System)。所建立的软件工具方便神经生物学家进入实际的计算机模型系统。已创立了生物物理学建模人员的工作平台，这有助于建立模型，给以描述和解释。这些模型可用于验证使用数据的精度与相关性，突出相反的数据，推动使用数据库，以及为建模人员与实验人员提供在科学上相互作用的基础。这类模型与模拟器对于了解神经元与神经系统

的功能组构有广泛意义。

各个项目详情见 *《Neuroinformatics, An Overview of the Human Brain Project》*  
(Koslow and Huerta, 1997) 及 网 页  
<http://www.nimh.nih.gov/neuroinformatics/index.cfm>。

#### 四、“人类脑计划”/神经信息学的全球化与目标

了解脑及其全部功能是 21 世纪重大挑战之一。全世界都在进行神经科学研究。因此,为了使“人类脑计划”获得成功,凡有神经科学研究活动的所有国家都应参与。从发布“人类脑计划”、建立 FICC-HBP 以来,神经信息学的全球化已有许多活动和努力。1995 年与英国医学研究院(MRC)商议美国这项计划,导致英国 MRC 申请参加神经信息学研究。1995 年在美国与欧洲共同体(US-EC)生物技术特遣部队的资助下,举办了一次讨论会。根据这次会议的提议,建立了 US-EC 神经信息学工作组,以组织与协调欧洲与美国之间的合作。1996 年白宫科学技术政策办公室(OSTP)开始更大的全球努力,在巴黎的政府间实体——经济合作发展组织(OECD)的巨科学论坛(Megascience Forum)上,建议生物信息学工作组分两个小组:一个叫生物多样性信息组,另一个叫神经信息学工作组。巨科学论坛批准建立以美国为领头国家的神经信息学工作组。参加国家有:美国(组长)、澳大利亚、比利时、加拿大、丹麦、芬兰、法国、德国、以色列、意大利、日本、韩国、墨西哥、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、俄罗斯、瑞典、瑞士、英国。欧洲委员会也作为正式成员参加。

在提交巨科学论坛的报告中,关于“神经信息学全球化”提出了两项重大建议:

1. 创建全球性神经信息学:开发神经信息学适用的设备与途径网络,分布在全世界许多研究中心。神经信息学设备网络将是不同种类的,主要代表了以下内容的开发与应用:a)数据库,能不断地处理神经系统从分子到行为水平的所有复杂性与组构;b)强有力的新工具,用于数据获得、分析、可见与分布;c)理论的、计算

的与模拟的途径，方法和环境，用于脑的建模与了解脑。

2. 建立全球性协调机构：国际协调及各国努力是确保成功与真正完成，并持续下去所必需的。国际科学协调实体——国际神经信息学委员会(INC)及附属秘书处应当在参与各国的支持下建立。

人类脑计划/神经信息学的目标，是要在 21 世纪初期拥有一个完全分布式的安全的信息管理系统，为所有神经科学家利用。需要留意的是脑的发育、结构与功能的研究是极其复杂的，要求在不断提高。神经信息学目标是要从结构与功能意义上将控制与调节脑机制联系起来。这项研究的总回报，实际上是工业、健康产业及药物治疗新技术，以及神经科学领域知识的快速进步与积累，以满足对人类健康的挑战。

总之，在神经科学界进入 21 世纪的时候，拥抱开发“神经科学信息管理系统”的想法的时候到了。通过拥抱神经信息学，将极大地有利于提高研究效率，实现“了解健康的与有病的神经系统功能”，增加新知识这个崇高目标。

## 五、中国与“人类脑计划”

在全世界拥抱“神经信息学”、推进“人类脑计划”、迎接新千年前夕，中国神经科学界同仁和国家重大基础性项目组织者汇聚一堂，热烈展望中国神经科学的未来。今年 Nobel 奖给了神经科学领域，可以预见，这必将更加有力地推动“人类脑计划”的实施。我们在中国也能像关注与支持“人类基因组计划”那样，理解、支持并推进“人类脑计划”，积极争取成为 HBP 大家庭的一个名副其实的国家成员；齐心协力，加强神经信息学研究，攀登神经科学高峰，为祖国和人类做出更大贡献。

主要参考文献：S. H. Koslow & S. E. Hyman (2000) Human Brain Project: A Program for the New Millennium. *Einstein Quart. J. Biol. Med.*, 17: 7-15.

# 神经信息学原理及其展望

## Principle and Perspective of Neuroinformatics

陈惟昌      邱红霞      王自强

(中日友好临床医学研究所生物物理研究室, 北京 100029)

Email: chenwch@mail.east.net.cn)

(一).神经信息学 (Neuroinformatics) 的基本原理。神经信息学是研究神经系统信息的载体形式, 神经信息的产生、传输与加工, 以及神经信息的编码、存储与提取机理的科学。神经信息学可以分成两个层次: (I). 分子神经信息学 (Molecular neuroinformatics) 和系统神经信息学 (Systematic neuroinformatics)。分子神经信息学的基本载体是各种神经信息分子, 包括各类神经递质, 神经调质, 神经肽, 神经激素, 神经配体 (ligands), 离子通道与受体分子, 信号转导分子以及基因调控系统分子网络等。分子神经信息的作用过程是一个慢的过程, 其时间常数以分及小时为单位计算。分子神经信息和长期记忆的形成, 神经元的分型与定位, 突触的芽生与消亡, 神经网络的修剪与优化, 神经系统的个体发育和演化以及神经疾病的发生与遗传等过程密切相关。分子神经信息是系统神经信息的基础, 同时也是生物分子信息学的重要组成部分。这方面的研究, 目前正方兴未艾, 预期在 21 世纪将取得重大进展, 但限于篇幅, 不拟展开讨论。

(二).系统神经信息学。系统神经信息的结构单元为神经元。神经元通过突触互相联结, 组成复杂的神经网络。神经网络的信息编码有两种方式: 即神经元脉冲状态编码 (Neuron state coding) 和突触联结权重编码 (Synapse weight coding)。神经元具有兴奋与静止两种状态, 可用 1 和 0 进行编码。 $N$  个神经元组成的神经网络, 共有  $2^N$  种状态, 组成  $N$  维空间的  $2^N$  个顶点。在某一瞬间时刻 ( $\leq 1\text{ms}$ ) 神经网络中  $N$  个神经元的全部状态, 组成  $N$  维空间的一个点, 称为神经网络的空间编码, 故神经元状态编码是离散的数字编码。对每一个神经元而言, 其兴奋状态随着时间呈动态变化, 组成离散的时间脉冲序列。脉冲序列状态编码是一个快的过程, 其时间常数以毫秒计。神经元脉冲序列携带着内外环境变化的信息。目前关于神经元脉冲