

S7

## 神经工程与类脑智能

### Neural Engineering and Brain Inspired Intelligence



主席：尧德中



主席：明 东

2020年11月21日 星期六 13:00-16:00

时间	演讲者姓名和单位	演讲题目
13:00-13:30	陈霖 中国科学院	待定
13:30-14:00	李远清 华南理工大学	基于脑机接口识别认知运动分离患者的预后评估
14:00-14:30	潘纲 浙江大学	神经拟态计算
14:30-15:00	洪波 清华大学	微创脑机接口
15:00-15:30	徐鹏 电子科技大学	脑电网络信息挖掘
15:30-16:00	李瑶 上海交通大学	多模态快速同步磁共振全脑代谢成像技术及其脑疾病研究应用



### 主席：尧德中

Email: dyao@uestc.edu.cn

尧德中，四川省脑科学与类脑智能研究院院长（2018-），电子科技大学生命科学与技术学院首任院长（2001-2017）；神经信息教育部重点实验室主任。中国脑电联盟理事长，中国生物医学工程学会副理事长，全国优秀教师；杰青、长江学者，美国医学生物工程院 Fellow。已发表 SCI 论文 100 余篇，Google 引用 1 万余次，h 指数 51。代表性工作：原创脑电参考技术获国际学术组织 (IFCN、OHBM) 推荐使用，被纳入 EEGLAB、Fieldtrip 等主流软件，已成为脑电领域主要参考之一；倡导建立脑器交互学学科，获得同行初步认可。获国际脑电图与临床神经科学学会 (ECNS) Roy John Award 以及教育部自然科学一等奖等。



### 主席：明东

Email: richardming@tju.edu.cn

明东，天津大学北洋学者讲席教授，1999 年和 2004 年在天津大学精仪学院生物医学工程专业先后获得学士学位和博士学位；2002-2003 年在香港大学医学院矫形与创伤外科学系任助理研究员；2004-2006 年在天津大学仪器科学与技术学科任博士后研究员；2005-2006 年在英国 Dundee 大学工程与物理科学学院作为访问学者。国家杰出青年科学基金获得者，国家“万人计划”专家，科技部中青年科技创新领军人才，天津大学科研院常务副院长、医科建设办公室主任、医学工程与转化医学研究院院长、天津大学生物医学工程首席教授。全国生物医学工程专业学位研究生教育协作组组长，天津大学神经工程研究团队带头人；智能医学工程教育部工程研究中心主任，天津脑科学与类脑研究中心主任，天津神经工程国际联合研究中心主任，天津市智能人机交互康复工程技术中心主任；IFESS Life Member、IEEE Senior Member、IEEE-EMBS 天津分会主席；中国生物医学工程学会常务理事、医学神经工程委员会副主委、青年工作委员会副主委等；担任 Associate Editor for Medical & Biological Eng & Computing (MBEC)，《国际生物医学工程》副主编，以及《The Foot》、《仪器仪表学报》、《航空医学与医学工程》等编委。研究方向主攻神经工程学 (Neural Engineering)，研究兴趣包括神经传感与成像、神经接口与康复、神经刺激与调控等基础机理与前沿技术，及其面向物理医学与康复工程、航天医学与人机工程等重大领域的工程应用，研究课题涉及功能性电刺激、步态分析、脑-机接口、神经肌骨动力学等多个方面。近年来作为第一作者或通讯作者在 Journal of Neural Engineering, Pattern Recognition, IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, IET Science Measurement Technology, Medical Science Monitor, Biomedical Signal Processing & Control, Progress in Natural Science 等国内外核心刊物发表学术论文及国际会议特邀或口头报告 60 余篇；主编《波动理论及在生物医学工程中的应用》（机械工业出版社）等。



陈霖

Email: linchen@bcslab.ibp.ac.cn

陈霖, 1945年11月6日出生于四川成都, 认知科学和实验心理学家, 中国科学院院士、第三世界科学院院士, 中国科学院生物物理研究所研究员、博士生导师。1970年陈霖从中国科学技术大学毕业后留校任教, 先后担任助教、讲师、教授; 1980年至1983年在加利福尼亚大学学习与工作; 1988年至1993年在德国雷根斯堡大学、慕尼黑大学做访问教授; 1996年获得“国际人类前沿科学计划”研究奖金资助; 2002年至2004年担任美国国立卫生研究院兼任研究员; 2003年当选中国科学院院士; 2005年至2011年担任脑与认知科学国家重点实验室主任; 2008年当选国际认知科学联合会主席; 2009年当选第三世界科学院院士; 2011年当选中国认知科学学会第一届理事会理事长; 2012年担任脑与认知科学国家重点实验室学术委员会主任。陈霖院士的主要研究方向为认知科学和实验心理学, 视觉认知和脑成像。1982年在 Science 上提出拓扑性质初期知觉理论。20多年来在知觉领域刊物发表一系列论文; 近年来又在 Science、PNAS 上发表论文, 应邀为 Visual Cognition 的关于拓扑性质知觉理论的专辑撰写“leadpaper”, 就“什么是知觉信息基本表达”的知觉研究的根本问题, 向半个多世纪以来占统治地位的“由局部性质到大范围性质”的理论路线提出挑战, 全面系统地发展了“大范围首先的”视知觉拓扑结构和功能层次的理论。先后任“85攀登计划”项目首席科学家、“基金委重大项目”负责人、“973”项目首席科学家。



李远清

Email: auyqli@scut.edu.cn

博士生导师, 生于1966年10月, 湖南常德人。1988年武汉大学数学系应用数学本科毕业, 获理学学士学位; 1994年华南师范大学数学系应用数学专业硕士研究生毕业, 获理学硕士学位; 1997年华南理工大学电子信息学院控制理论与应用专业博士研究生毕业, 获工学博士学位; 自1997年7月起在华南理工大学自动化科学与工程学院工作。曾在香港中文大学、香港城市大学、日本脑科学研究所、新加坡信息通信研究所神经信息处理实验室、英国华威(Warwick)大学访问研究。李远清教授致力于信号稀疏表示、盲信号分离、半监督机器学习、脑机接口、脑电与功能核磁共振成像信号分析等方面的研究。2008年获国家杰出青年基金, 2009年获国家自然科学基金二等奖(排名第二)、2004年获广东省自然科学一等奖(排名第一), 2005年获教育部自然科学一等奖(排名第二)。近年来, 李教授主持项目包括国家重点研发计划重大项目、广东省创新团队、国家自然科学基金、广东省高层次人才项目重点基金、广东省自然科学基金等多个项目。以第一作者发表论文80余篇, 其中在 IEEE Trans. Information Theory、IEEE Trans. Signal Processing、IEEE Trans. Biomedical Engineering 等汇刊上发表论文17篇, 在 PLoS ONE、Journal of Neural Engineering、Machine Learning、Neural Computation、Pattern Recognition、NIPS 国际著名期刊及权威会议上发表论文15篇。李远清教授目前任华南理工大学自动化科学与工程学院院长, “脑机接口与脑信息处理研究中心”主任、任 IEEE Trans. Fuzzy Systems, International Journal of Computational Intelligence and Neuroscience, Cognitive Neurodynamics 三个国际期刊编委。



### 潘 纲

Email: gpan@zju.edu.cn

浙江大学计算机学院教授，计算机辅助设计与图形学国家重点实验室副主任，国家杰出青年基金获得者，入选国家“万人计划”科技创新领军人才，中国人工智能学会常务理事、脑机融合与生物机器智能专委会主任委员，中国计算机学会普适计算专委会副主任委员。主要研究方向为人工智能、脑机接口、类脑计算、计算机视觉、普适计算等。已发表论文100多篇，授权发明专利39项。指导学生获CCF-A类国际会议的最佳论文奖1次、最佳论文提名奖2次，及其他IEEE国际会议最佳论文奖2次、时间考验奖1次。获CCF-IEEE CS青年科学家奖，国家科学技术进步奖二等奖（第2完成人）。目前担任《IEEE Trans. Neural Networks and Learning Systems》、《IEEE Trans. Cybernetics》等国际期刊编委。



### 洪 波

Email: hongbo@tsinghua.edu.cn

洪波，清华大学医学院生物医学工程系教授、博士生导师。兼任清华大学人工智能研究院副院长。2001年于清华大学获得生物医学工程专业博士学位，2004年和2016年先后在美国Johns Hopkins医学院、MIT McGovern脑研究院做访问学者。主要研究方向为微创脑机接口与语言神经解码。有关成果发表于Nature Neuroscience, PNAS, Nature Communications等。先后入选北京市科技新星、教育部新世纪优秀人才。目前任IEEE Transactions on Biomedical Engineering 副主编。



### 徐 鹏

Email: xupeng@uestc.edu.cn

徐鹏，电子科技大学生命科学与技术学院教授。2006年获得电子科技大学博士学位，2007-2009年美国加州大学洛杉矶分校博士后。一直专注于电生理的时-空信息挖掘以及在认知临床等方面的应用研究，在包括Cerebral Cortex, Neuroimage, IEEE TBME, IEEE TNSRE, Neural Networks, International journal of neural systems以及Journal of Neural Engineering等本领域权威期刊发表SCI论文90余篇，被包括Nature子刊、Science子刊、Physiological Review、Neuron、IEEE汇刊等权威期刊SCI引用1000余次，申请获批国家发明专利5项，获批软件著作权6项，获得教育部自然科学一等奖1次（排名4），2012年入选教育部新世纪优秀人才计划，2015年获得国家自然科学基金优秀青年基金资助，医学神经工程分会委员，期刊Scientific Reports编委，IEEE ACCESS编辑。



### 李 瑶

Email: yaoli@sjtu.edu.cn

李瑶，博士，长聘副教授，博士生导师，上海交通大学生物医学工程学院院长助理。李瑶博士于2002年获得上海交通大学电子与信息工程本科学位，2008年在美国纽约州立大学石溪分校获得电子与计算机工程博士学位，2008年至2010年于美国石溪医学研究中心任高级研究员。2010年加入上海交通大学生物医学工程学院。先后获得国家自然科学基金委员会、科技部、教育部、上海市科委和上海交通大学的多项基金支持，并在国外重要学术期刊如《Science》、《Brain》、《Magnetic Resonance in Medicine》等发表80余篇学术论文，他引600多次。现任BMC Neuroscience杂志副主编，美国电气和电子工程师协会高级会员（Senior Member），提名IEEE EMBS国际生物医学工程学会行政委员会委员（2020），国际医学磁共振学会（ISMRM）会员，人类脑成像组织（OHBM）会员，IEEE EMBC Shanghai分会秘书。获ISMRM Summa Cum Laude Award, ISMRM Magna Cum Laude Award等奖项。研究方向为：磁共振波谱成像，多模态同步脑影像，多模态脑影像融合技术及其在临床神经/精神系统疾病中的转化研究。

## 基于脑机接口识别认知运动分离患者的预后评估

李远清

单位：华南理工大学脑机接口与脑信息处理中心

Email: auyqli@scut.edu.cn

认知运动分离描述了意识障碍患者的一个子集，这些患者表现出意识的神经影像学证据，但没有可检测到的命令跟随行为。尽管意识障碍患者的康复预测对家庭咨询、决策和康复计划的设计至关重要，但目前仍缺乏有效的方法。本研究包含 78 名意识障碍患者（45 名植物人患者和 33 名微意识患者）。根据昏迷康复量表 CRS-R，他们均没有表现出命令跟随行为。每位患者需要进行一个基于 EEG 的脑机接口实验，他们被要求去执行一项物件选择任务。脑机接口实验准确率显著高于随机水平的患者被确定为认知运动分离。两次昏迷康复量表 CRS-R 评估用来测量患者的行为改善情况，一次是在实验前，另一次是在 3 个月后。在 78 位意识障碍患者中，我们的结果显示，对于植物人患者，18 位认知运动分离患者中有 15 位（83.33%）恢复了意识，而另外 27 位非植物人患者中只有 5 位（18.52%）恢复了意识。对于微意识患者，16 位认知运动分离患者中有 14 位（87.5%）的昏迷康复量表 CRS-R 分数有所提高，而在其他 17 名脑机接口准确率没有显著高于平均水平的微意识患者中，只有 4 名患者（23.53%）的 CRS-R 分数有所提高。我们的研究结果表明认知运动分离的患者比其他患者有更好的结果。我们的发现拓展了认知运动分离患者预后的现有知识，对基于脑-机接口的意识障碍患者的临床诊断和预后具有重要意义。

### Prognosis for patients with cognitive motor dissociation identified by brain-computer interface

Center for Brain-Computer Interfaces and Brain Information Processing, South China University of Technology

Cognitive motor dissociation describes a subset of patients with disorders of consciousness who show neuroimaging evidence of consciousness but no detectable command-following behaviours. Although essential for family counselling, decision-making, and the design of rehabilitation programmes, the prognosis for patients with cognitive motor dissociation remains under-investigated. The current study included 78 patients with disorders of consciousness who showed no detectable command-following behaviours. These patients included 45 patients with unresponsive wakefulness syndrome and 33 patients in a minimally conscious state, as diagnosed using the Coma Recovery Scale-Revised. Each patient underwent an EEG-based brain-computer interface experiment, in which he or she was instructed to perform an item-selection task. Patients who achieved statistically significant brain-computer interface accuracies were identified as cognitive motor dissociation. Two evaluations using the Coma Recovery Scale-Revised, one before the experiment and the other 3 months later, were carried out to measure the patients' behavioural improvements. Among the 78 patients with disorders of consciousness, our results showed that within the unresponsive wakefulness syndrome patient group, 15 of 18 patients with cognitive motor dissociation (83.33%) regained consciousness, while only five of the other 27 unresponsive wakefulness syndrome patients without significant brain-computer interface accuracies (18.52%) regained consciousness. Furthermore, within the minimally conscious state patient group, 14 of 16 patients with cognitive motor dissociation (87.5%) showed improvements in their Coma Recovery Scale-Revised scores, whereas only four of the other 17 minimally conscious state patients without significant brain-computer interface accuracies (23.53%) had improved Coma Recovery Scale-Revised scores. Our results suggest that patients with cognitive motor dissociation have a better outcome than other patients. Our findings extend current knowledge of the prognosis for patients with cognitive motor dissociation and have important implications for brain-computer interface-based clinical diagnosis and prognosis for patients with disorders of consciousness.

## 神经拟态计算

潘 纲

单位：浙江大学计算机学院

Email: gpan@zju.edu.cn

近几年，人们在思考下一代计算与人工智能技术时，重新把眼光投向人类的大脑。如何从大脑的结构、功能及运行机制中学习长处，或有望突破现有的计算与人工智能的框架。神经拟态计算 (Neuromorphic computing) 作为“向大脑学习”的一种形式，由于具有更好的生物逼真性，获得越来越多的国内外研究人员的关注。它不仅在低功耗计算、智能实现等方面有较大潜在优势，而且有望使得计算系统与生物神经系统的连接融合变得更加有效与自然，并为神经科学提供重要工具与平台。本报告将介绍神经拟态计算的概念与问题，并介绍以神经拟态计算为基础的一类脑计算机及脉冲神经网络算法。

## Neuromorphic computing

College of Computer science and technology, Zhejiang University

Neuromorphic computing, considered as a competitive candidate for the next-generation of computing, has received significant attentions in recent years. It is to mimic neuro-biological architectures present in the nervous system with hardware and software. Spiking neural networks, a computing model in neuromorphic computing, theoretically have at least the same computational power as traditional artificial neural networks. They possess the potential of achieving energy-efficient machine intelligence while keeping comparable performance to ANNs. This talk will introduce the concept, hardware, and algorithms of neuromorphic computing.

## 微创脑机接口

单位：清华大学生物医学工程系

Email : hongbo@tsinghua.edu.cn

基于神经电信号的脑机接口主要分为无创头皮脑电和有创电极植入两大类。无创头皮脑电安全方便，但脑电信号微弱，空间分辨率低，难以实现精准复杂的解码；有创的电极阵列植入方式，植入电极会引起神经炎症反应并包裹电极，导致电极失效，目前的有线连接也带来感染风险。针对这两类脑机接口碰到的困难，我们基于多年颅内脑电获取与解析的研究，提出了一种新的微创全植入脑机接口方案：将微型电极阵列以及处理模块植入到颅骨内硬膜上的位置，不破坏神经细胞，采集颅内脑电信号，与体外机无线通讯实现脑机接口交互。该方案在癫痫外科手术病人上得到验证，并展示了脑电打字和语音解码两类脑机接口的可行性。

## Minimally Invasive Brain Computer Interface

Department of Biomedical Engineering, Tsinghua University

The brain computer interface (BCI) based on neural signal can be divided into non-invasive and invasively planted two categories. The non-invasive scalp EEG based BCI is safe and easy to operate, but the scalp EEG is very weak with the low spatial resolution, and it is very difficult to realize the accurately decoding of brain. While due to the Neuroinflammation caused by the planted electrodes, the sensor will fail to record the stable signal. To resolve the problems encountered in the two conventional BCIs, based on our accumulated studies in cortical EEG recording and the corresponding information decoding, we proposed a protocol to realize the minimally Invasive BCI, which is realized by planting the mini electrodes array and the processing module in the endocranium. This protocol can effectively record cortical EEG to control the external BCI devices without the excess destroy of the neuron cells. This new paradigm has been proved on the epilepsy patients with surgery operation, and it has shown its potential to type and speech decoding by EEG.

## 脑电网络信息挖掘

徐 鹏

单位：电子科技大学 生命科学与技术学院

Email: xupeng@uestc.edu.cn

在高级认知过程中，大脑需要多个脑区的协作，在网络层面上对信息进行动态加工处理。脑电作为一种具有较高时间分辨率的技术手段，适合于对大脑动态网络信息的刻画，然而脑电具有的低信噪比、容积效应、以及个体差异性导致了脑电网络信息挖掘的困难。本报告将介绍如何针对不同的应用需求，在不同信号空间构建出包括功能、效应、时变以及大尺度等多种不同特性的脑电网络，以及如何从这些网络中挖掘出脑电的图结构等信息，揭示包括运动想象、记忆、决策等高级认知过程的网络机制，并发展出能够提取网络中的具有辨识性的图结构特征的方法，构建相应的预测模型，实现对被试的行为进行预测，以及相关疾病的诊断。

## EEG network information mining

School of Life Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China

During the high cognition process, brain involves the related multiple brain areas to dynamically process the task-related information in a network way. As a neuroimage technique with the high temporal resolution, EEG is very competitive to reflect the dynamic network of brain. However, due to the intrinsic EEG drawbacks like low signal-to-noise-ratio (SNR), the volume conduction and the large individual variability, it is very challenging to construct reliable EEG networks. This talk involves the following contents: 1). Introduce the methodologies to construct the corresponding EEG networks covering functional, efficient, time-varying and large-scale networks in the different signal spaces; 2). How to apply the network to probe the underlying neural mechanism of such high cognition processes including motor imagery, memory and decision-making; 3). How to extract the graph information from EEG network to build the model to predict the individual behavior performance, and diagnose the related disease.

## 多模态快速同步磁共振全脑代谢成像技术及其脑疾病研究应用

李 瑶

单位：上海交通大学生物医学工程学院

Email: yaoli@sjtu.edu.cn

发展在体、无创的全脑代谢成像技术，阐释脑结构、功能与神经代谢的耦合关系，对揭示脑疾病机制及治疗靶点，具有重要意义。磁共振波谱成像 (MRSI) 是目前唯一可无创、无标记测定脑代谢物浓度的分子影像技术，可定量测量神经细胞及能量代谢物分布，为脑疾病早期诊断及治疗提供高敏感性特异性影像学指征。而现有 MRSI 技术空间分辨率低、成像时间长，极大限制了其临床应用。本报告将介绍多模态快速同步磁共振全脑 3D 无创代谢成像技术 (SPICE)，其结合快速扫描、稀疏采样、子空间联合估计及深度学习模型，实现在 8 分钟内同步高分辨率全脑神经细胞代谢 ( $2.0 \times 3.0 \times 3.0 \text{ mm}^3$ ) 及氧代谢成像；并将介绍其在急性脑卒中半暗带诊断、脑肿瘤鉴别、脑损伤检测、脑退行性疾病研究中的应用。

### Fast high-resolution brain metabolic imaging with 3D magnetic resonance spectroscopy

School of Biomedical Engineering, Shanghai Jiao Tong University

Magnetic resonance (MR)-based neuroimaging techniques have been widely used for brain research because of their non-invasiveness and multimodal capabilities. Exploiting the rich information contents of MR signals, we can obtain structural, functional and metabolic information of the brain. Magnetic resonance spectroscopy imaging (MRSI) provides a unique capability for noninvasive and label-free mapping of neurometabolite concentrations in vivo. However, the technical constraints, including low spatial resolution (10mm) and long acquisition time, have greatly limited its clinical applications. In this talk, I'll discuss a new technology, known as SPICE (SPectroscopic Imaging by exploiting spatiospectral CorrElation), for rapid high-resolution metabolic imaging. In an 8-min scan, we can acquire neurometabolite maps from the whole brain at a nominal spatial resolution of  $2.0 \times 3.0 \times 3.0 \text{ mm}^3$ . Using SPICE, we are also able to simultaneously acquire QSM and  $T_2^*$  maps, thus enabling concurrent neuronal-oxygen metabolic imaging. We have successfully performed clinical studies in acute ischemic stroke, brain tumor, traumatic brain injury, and AD patients, producing very encouraging results. In this talk, I'll give a brief overview of SPICE and the exciting experimental results we have obtained and discuss its potential for early diagnosis of brain diseases.