

利手与两半球的听觉词汇语义加工

蔡厚德, 徐 艳

(南京师范大学教育科学学院脑与行为实验室, 江苏 南京 210097)

[摘要] 左右利手被试在双耳分听呈现条件下完成单个汉字具体名词(动物、物体和身体部位)的范畴归类任务。检查不同利手者大脑两半球加工听觉词汇语义的大脑功能偏侧化与整合效应。结果显示:(1)右利手被试用左手或右手反应在左耳内的错误率显著低于右耳内,提示存在明显的右半球优势;(2)左利手被试用左手反应在左耳内的错误率也显著低于右耳内,但用右手反应在右耳内与左耳内的错误率差异不显著,提示两半球可能都有一定的听觉词汇语义加工能力;(3)右利手被试用左手或右手反应在左-右耳间或右-左耳间的错误率均显著高于左耳内,而与右耳内没有差异,提示缺乏明显的语义加工在半球间的整合优势;(4)左利手被试用右手反应在左-右耳间和右-左耳间的错误率均明显低于左耳内和右耳内,提示左利手被试的左半球可能具有更强的听觉词汇语义加工在半球间的整合能力。

[关键词] 利手, 偏侧化, 整合, 听觉词汇语义加工, 双耳分听

[中图分类号] B845 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2007)01-0068-06

Handedness and Semantic Processing of Auditory Words in Cerebral Hemispheres

Cai Houde, Xu Yan

(Lab of Brain and Behavior, School of Education Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract In dichotic listening, left and righthanders undertook the category classify task on concrete nouns (animals, objects, body parts) of Chinese single characters to examine the cerebral functional lateralization and integration for semantic processing of auditory words in different hands. The results showed that (1) the error rates for the within left ear were lower than the within right ear when responding with the left hands or the right hands in the right hands, revealing an right hemispheric dominance; (2) the right hemispheric dominance was also observed in the left hands when responding with the left hands, but there was no significant difference of the error rates between the within left ear and the within right ear when responding with the right hands, suggesting that the left hands may be able to process these auditory words in either the right or the left hemisphere; (3) the error rates for both the cross left right ear and the cross right left ear were higher than the within left ear when responding with the left hands in the right hands, but not higher than the within right ear when responding with the right hands, indicating no dominance for interhemispheric integration of the semantic processing; (4) the error rates both for the cross left right ear and the cross right left ear were lower than the within left ear and the within right ear when responding with the right hands in the left hands, suggesting the left hands could possess the ability to integrate the semantic processing across the two hemispheres.

Key words handedness, lateralization, integration, semantic processing of auditory words, dichotic listening

收稿日期: 2006-08-10 修回日期: 2006-09-30

基金项目: 江苏省哲学社会科学“十五规划基金项目成果”(04JB013)资助项目。

作者简介: 蔡厚德(1957—), 教授, 主要从事汉语认知的大脑功能偏侧化与整合研究。E-mail: caihoude@163.com

0 引言

大脑右半球具有语义加工能力的早期证据来自割裂脑的研究^[1]. 近期, 认知行为实验^[2-3]、脑损伤和大脑功能成像研究资料^[4]均提示, 大脑右半球在语义加工中起着重要而独特的作用. 但这些证据几乎都源于对右利手被试采用视觉呈现词汇或图片进行的研究. Grimshaw^[5]对右利手被试的双耳分听研究表明, 右半球似乎可以借助于自身的语义能力参与听觉词汇的语音加工. 但这一研究并没有提供右半球具有听觉词汇语义加工能力的直接证据. 解剖结构、行为和大脑功能成像的研究资料^[6]均显示, 左利手者相对于右利手者存在更为明显的两侧半球语言表征. 对不同利手者视觉词汇语义加工的行为研究结果^[7]也提示, 左利手可能倾向于用两半球加工语义. 进一步的研究有必要检查左右利手者听觉词汇语义加工的大脑功能偏侧化特点.

大脑两半球在语义加工中的功能整合问题在近期也引起了研究者的关注. Hutchinson等^[3]采用偏侧视野启动范式检查了右利手被试词汇范畴加工的半球差异和半球间的语义整合, 发现语义加工中两半球间信息传递的重要性. 本研究将借鉴 Passarotti和 Banich等^[8]的双耳分听刺激呈现范式, 检查左右利手被试对具体名词进行的语义范畴(动物、物体和身体部位)归类任务加工. 由于需要听觉匹配比较的词对可以出现在耳内(半球内)和耳间(半球间), 由此可以评价听觉词汇语义范畴加工中大脑半球的功能偏侧化与整合效应.

另外, 采用双耳分听技术检查大脑功能偏侧化的早期研究中被试的反应多为口头报告. 但左半球在言语产生中的明显优势可能会掩盖实验中特定任务加工的优势效应, 特别是大脑右半球在语义加工中的作用. 近期的研究倾向于采用手动按键反应方式, 由于分听实验中来自左右耳的听觉刺激与大脑两半球存在交叉投射关系, 而用手反应主要受对侧大脑半球的控制, 因此借助于任务加工中手反应的正确性或反应时可以评价反应用手对侧大脑半球的加工能力^[5]. 据此, 本研究将比较左右利手被试进行范畴语义匹配时左右手按键反应的成绩, 以此来评价听觉词汇语义加工的耳内(半球内)优势和耳间(半球间)整合效应, 以及不同利手者之间的可能差异.

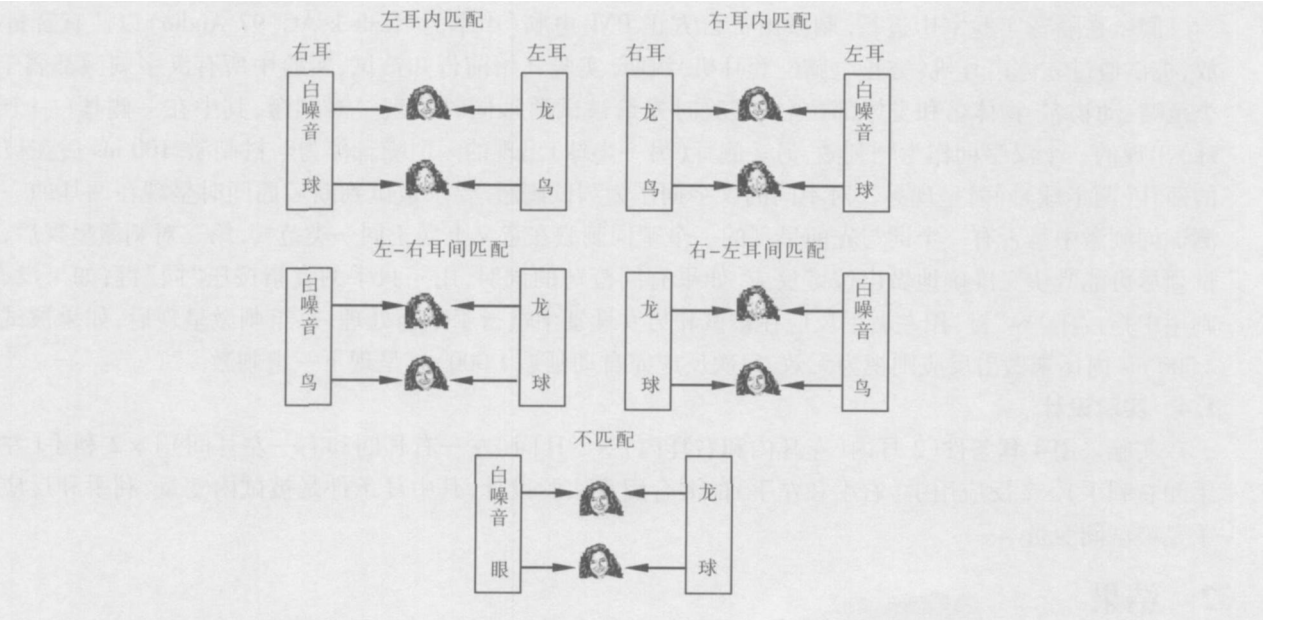


图 1 分听汉字语义范畴加工任务的刺激呈现示例

Fig.1 Examples of present modes of pairs of characters for semantic category task in dichotic listening

1 方法

1.1 被试

大学生 50 名 (男女各 25 名, 平均年龄 24.46 ± 2.71 岁). 经利手 10 项标准^[9]检查, 26 名强右利手 (男 12 名, 女 14 名) 组成右利手组, 24 名 (男 13 名, 女 11 名) 左利手被试 (强左利 1 例, 潜在左利 23 例) 组成左利手组. 24 名左利手被试中 9 名为家族左利, 15 名为非家族左利. 左右利手被试在年龄和受教育年限上均匹配. 他们两耳听力正常, 对本实验技术的原理和目的不了解.

1.2 实验材料

从《现代汉语频率词典》^[10]表四 (3) 中的生活口语前 4 000 个高频词中选择 3 类范畴共 24 个汉语单字词: 8 个动物名 (龙、鸟、猫、猪、狗、羊、牛、马)、8 个物体名 (球、碗、书、床、锅、桶、窗、盆) 和 8 个身体部位名 (脸、眼、嘴、胃、胆、脚、腿、腰). 由一普通话标准的女性在录音室中读出, 通过方正电脑配套麦克风和东芝笔记本录制完成. 每一个词的音节录制成一个独立的文件, 录音参数为 22 050 Hz 16 位、单声道. 通过北京晨阳 V 3.0 语音分析软件将所有刺激进行音强 75 dB 和音长 380 ms 的标准化处理. 采用 cool edit pro2.1 声音编辑软件生成白噪音, 录音参数与汉字词语音相同, 并进行同样的刺激强度与长度处理. 最后, 通过 cool edit pro2.1 软件将刺激在左右耳进行同步编辑. 此前, 由 9 名 (4 名男性, 5 名女性) 大学生对 3 类词进行范畴归类. 在以 3 s 间隔随机呈现的正常收听条件下, 归类的平均正确率为 99.1%. 3 类词的词频和归类正确率差异均不显著.

每类词汇范畴中的 8 个词在相互间组成 28 对匹配刺激, 3 类词汇范畴共组成 84 对匹配刺激. 每类范畴的词对需要与另外两类范畴词和白噪音各构成 2 对 1 组的刺激 (见图 1 示例), 这样便生成了 $84 \times 2 = 168$ 匹配刺激组. 另外, 由不同的 3 类范畴词和白噪音随机组成了 168 不匹配刺激组. 共 336 组匹配与不匹配刺激再随机分成 3 组. 每一被试依次测听 3 组刺激, 组间休息 1~2 min. 耳内与耳间条件半随机出现. 采用本实验室开发的 DL-develop 程序实现刺激呈现和反应时与错误率数据的采集.

1.3 实验过程

测试在隔音实验室中进行. 刺激由 1 台方正 P 电脑 (声卡为 Realtek AC'97 Audio) 以适宜音量播放, 被试通过立体声耳机 (方正电脑配套耳机) 测听. 实验开始前告知被试, 实验中所有汉字刺激都属于 3 类范畴: 动物名、物体名和身体部位名. 实验时先给被试两耳同时呈现一对刺激, 其中在一侧耳 (一个半球) 出现的一个汉字词作为靶刺激, 另一侧耳 (另一半球) 出现的一白噪音作为陪衬刺激. 100 ms 后在被试的两耳 (两半球) 同时呈现另一对不同的汉字词作为测试刺激. 要求被试判断后面同时呈现在两耳的一对测试词刺激中是否有一个词与先前呈现的一个靶词刺激在意义上属于同一类范畴. 第二对刺激呈现后, 被试须尽可能既快又准确地做出按键反应. 如果有同范畴的词对, 用一只手的食指按压“同”键; 如果没有, 则用中指按压“异”键. 用左右手反应在被试和男女性别中进行了平衡处理. 每组刺激呈现后, 如果被试在 2 000 ms 内还未做出反应则视为无效. 每次反应完自动延迟 1 000 ms 呈现下一组刺激.

1.4 实验设计

实验采用 4 耳条件 [2 耳内 (左耳内和右耳内) \times 2 耳间 (左-右耳间和右-左耳间)] \times 2 利手 (左利手和右利手) \times 2 反应用手 (右手和左手) 的混合因素实验设计, 其中耳条件是被试内变量, 利手和反应用手是被试间变量.

2 结果

数据分析中剔除平均数加减 3 个标准差以外的错误百分率数据 (少于 2%). 在不同耳条件下左右利手被试的平均正确反应时和错误率见表 1. 对平均正确反应时和平均错误百分率做三因素重复测量的 MANOVA 分析, 结果见表 2.

表 1 不同耳条件下平均正确反应时 (ms)和平均错误率 %

Table 1 Average RTs and error rates % in different ear present modes

耳条件	耳内	耳间	左耳内	右耳内	左—右耳	右—左耳
平均正确反应时	535.66 (16.87)*	575.07 (17.76)	544.37 (18.29)	526.96 (18.96)	567.56 (20.99)	582.58 (18.34)
平均错误率 %	8.21 (0.71)	8.72 (0.77)	6.81 (0.86)	9.62 (0.86)	8.57 (0.86)	8.88 (0.88)

* 所有括号中数据为标准差.

2.1 正确反应时

由表 1和 2可知: 耳内条件下左耳内与右耳内差异不显著; 耳间条件下左—右耳间与右—左耳间差异不显著; 耳内—耳间条件主效应显著, 表现为耳内反应显著快于耳间; 4种耳条件主效应显著, 具体表现为右耳内反应显著快于左—右耳间 [$F(1, 46) = 12.64, p = 0.001$]和右—左耳间 [$F(1, 46) = 9.98, p = 0.003$], 左耳内也显著快于右—左耳间 [$F(1, 46) = 13.45, p = 0.001$], 但与左—右耳间的差异不显著 [$F(1, 46) = 1.60, p = 0.21$].

表 2 耳条件、利手和反应用手的主效应及交互作用

Table 2 Main effects and interactions of ear present modes, handedness and responding hands

	平均正确反应时 /ms			平均错误率 %		
	df	F	p	df	F	p
耳内	1, 46	1.22	0.276	1, 45	8.10	0.007
耳间	1, 46	0.77	0.384	1, 44	0.15	0.704
耳内—耳间	1, 46	18.00	0.000	1, 44	0.62	0.437
4种耳条件	3, 138	5.09	0.002	3, 132	3.43	0.019
利手	1, 46	3.17	0.082	1, 44	0.27	0.604
用手	1, 46	8.58	0.005	1, 44	1.55	0.220
4种耳条件 × 用手	3, 138	0.55	0.650	3, 132	2.70	0.053
4种耳条件 × 利手 × 用手	3, 138	0.41	0.746	3, 132	2.76	0.045
耳内 × 利手 × 用手	1, 46	0.40	0.533	1, 45	6.35	0.015

利手主效应接近显著, 表现为右利手反应 ($M = 525.68$)快于左利手 ($M = 585.05$); 用手主效应显著, 表现为右手反应 ($M = 506.49$)显著快于左手 ($M = 604.25$); 利手 × 用手交互作用不显著 [$F(1, 46) = 0.04, p = 0.84$].

2.2 错误百分率

由表 1和 2可知: 耳内条件下左耳内的平均错误率显著低于右耳内; 耳间条件下左—右耳间与右—左耳间显著不差异; 耳内—耳间条件的主效应不显著; 4种耳条件主效应显著, 具体表现为左耳内平均错误率最低, 显著低于右耳内 [$F(1, 44) = 8.10, p = 0.007$]和右—左耳间 [$F(1, 44) = 4.67, p = 0.036$], 与左—右耳间差异接近显著 [$F(1, 44) = 3.32, p = 0.075$], 右耳内平均错误率与左—右耳间 [$F(1, 44) = 1.57, p = 0.22$]和右—左耳间差异不显著 [$F(1, 44) = 0.71, p = 0.41$].

由表 2可知: 4种耳条件 × 用手交互作用接近显著; 4种耳条件 × 利手 × 用手交互作用显著; 耳内 × 利手 × 用手交互作用显著. 进一步分析结果显示: 右利手被试用左手反应在左耳内的错误率明显低于右耳内 [$F(1, 12) = 4.95, p = 0.046$], 也接近显著低于左—右耳间 [$F(1, 12) = 4.72, p = 0.056$]和显著低于右—左耳间 [$F(1, 12) = 5.21, p = 0.043$]; 用右手反应在左耳的错误率显著低于右耳内 [$F(1, 12) = 5.30, p = 0.042$], 也显著低于左—右耳间 [$F(1, 12) = 4.90, p = 0.048$]和右—左耳间 [$F(1, 12) = 5.32, p = 0.042$]. 左利手被试用左手反应在左耳内的错误率显著低于右耳内 [$F(1, 11) = 7.25, p = 0.021$]; 用右手反应在左耳内与右耳内的差异不显著 [$F(1, 9) = 0.13, p = 0.73$], 但左—右耳间的错误率显著低于左耳内 [$F(1, 9) = 5.81, p = 0.047$]和右耳内 [$F(1, 9) = 6.25, p = 0.040$], 右—左耳间的错误率也显著低于左耳内 [$F(1, 9) = 6.40, p = 0.038$]和右耳内 [$F(1, 9) = 6.18, p = 0.039$].

3 讨论

3.1 右半球的语义加工优势

早期对割裂脑病人的研究结果已经明确了大脑右半球在语义信息加工中的作用^[1]. 近期研究者关注

的焦点之一是右半球与左半球相比有何词汇语义加工的偏侧化优势. 本研究采用分听汉字的范畴归类任务检查了听觉词汇语义加工的大脑半球功能. 结果显示: 尽管左耳内与右耳内在反应速度上没有显著差异, 但左耳内的平均错误率明显低于右耳内, 提示右半球具有明显的优势. 采用偏侧视野启动实验范式的实验结果^[2 3]表明, 左半球可能更擅长加工近距离的、抽象的或范畴间的词汇语义信息, 且语义网络相对狭小, 激活的时程较短; 而右半球则更擅长处理远距离的、具体的、可表象的和范畴内的词汇语义信息, 且语义网络相对宽泛, 加工激活的时程较长. 本研究所选的汉字词属于生活情境中常用的具体名词, “同”判断任务为范畴内加工, 这显然是右半球所擅长的加工任务. Damasio 等^[4]根据脑损伤和脑功能成像研究证据推测, 相互间部分分离的左半球颞叶高级皮层可能负责提取 (命名) 代表不同概念范畴的实体词, 而提取 (辨认) 代表实体词的概念知识可能主要依赖于右半球. 本研究任务需要被试对代表动物、物体和身体部位的汉字听觉词汇进行范畴归类加工, 能否有效提取必需的词汇概念知识是加工的关键, 这可能也是出现右半球加工正确性较高的原因. 需要指出的是, 本研究采用分听技术发现了大脑右半球在听觉词汇语义加工中的优势功能, 也为有关右半球可以借助于自身的语义能力参与听觉词汇语音加工的推测^[5]提供了直接证据.

3. 2 利手与半球语义加工

左利手者与右利手者相比存在更为明显的两侧半球语言表征, 这得到了采用多种技术研究所获证据^[6]的支持. 但较少有研究直接评价不同利手者大脑两半球加工听觉词汇语义的偏侧化差异. Tremblay 等^[7]采用半视野速示术检查发现, 右利手被试加工高同源名词的范畴归类任务时存在右视野 (左半球) 优势; 而左利手被试则为两视野 (两半球) 均势. 这项研究的实验材料中包含了具体和抽象名词. 本研究只选用了具体名词, 结果表明右利手被试不管是用左手反应还是用右手反应, 左耳内 (右半球) 错误率均低于右耳内 (左半球). 这些发现和已有的一些研究证据都支持右利手者在进行实体名词的范畴任务加工时大脑右半球具有主导作用.

本研究结果还提示, 左利手被试的两半球可能都能参与词汇的语义加工, 但左右手反应似乎有不同的表现. 左利手被试用左手反应时左耳内 (右半球) 的错误率显著低于右耳内 (左半球), 即表现出右半球优势; 但用右手反应时左耳内 (右半球) 与右耳内 (左半球) 的错误率却没有显著差异, 但它们都明显低于用左手反应时的右耳内 (左半球) 的错误率. 这样看来, 左利手被试的右半球语义加工能力在用受右半球控制的左手反应, 以及用受左半球控制的右手反应时都能表现, 这似乎提示他们的右半球不仅能有效表达自身的语义加工, 还可以与左半球共享信息. 然而, 左利手被试左半球的语义加工能力只在用受左半球控制的右手反应时才能表现, 用受右半球控制的左手反应时错误率会明显提高, 提示左半球的语义加工似乎不能有效地与右半球共享. 因此可以推测, 左利手被试在用右手 (左半球) 控制反应时应该最有利于两半球间的语义加工整合. 因为右半球的语义加工可以有效地和左半球交流与共享. 从结果分析和图 2 可知, 左利手被试用右手反应时在左-右耳和右-左耳呈现条件下的错误率比其它所有呈现条件明显都低, 提示他们的左半球可能具有更强的语义加工整合能力. Christman^[11]采用色词干涉范式进行的研究显示, 左利手被试能更有效地在两半球间整合信息, 这可能与左利手者大脑两半球的功能偏侧化程度小, 以及联结半球间的胼胝体纤维较多有关. 来自事件相关电位 (ERP) 的研究资料^[12]也显示, 在词汇判别任务加工中存在半球间信号的不对称传递, 即从右半球向左半球的传递明显快于从左半球向右半球的传递, 这提示左半球能够从右半球更有效地获得语言加工信息. 本研究中左利手被试左半球的语义加工也表现出了类似的现象.

4 结论

本研究采用双耳分听技术, 考查了左右利手被试在进行汉字语义范畴归类加工时的大脑半球功能偏

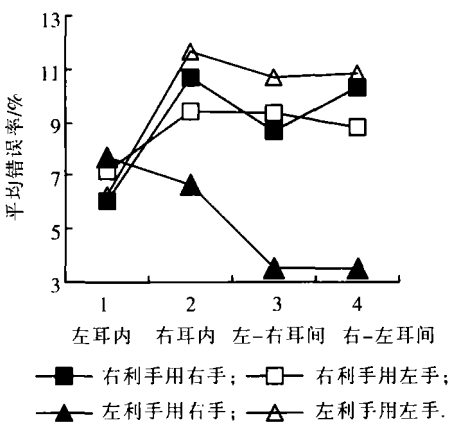


图 2 左右利手被试在 4 种耳呈现条件下用左右手反应的交互作用

Fig.2 Interactions of handedness and responding hands for four kinds of ear present modes

侧化与整合效应.结果显示:右利手被试对实体名词的语义范畴加工存在明显的右半球优势,且半球间缺乏明显的功能整合优势;左利手被试的两半球似乎都有一定的语义加工能力,且左半球可能具有更强的半球间语义整合能力.

[参考文献]

- [1] Springer S P, Deutsch G. Left Brain right brain Perspectives From Cognitive Neuroscience[M]. 5th ed. New York W. H. Freeman and Company, 1998: 31-58
- [2] Koivisto M. Hemispheric dissociations in controlled lexical semantic processing[J]. Neuropsychology, 1999, 13 (4): 488-497
- [3] Hutchinson A, Whimam D, Abeare C, et al The unification of mind integration of hemispheric semantic processing[J]. Brain and Language, 2003, 87: 361-368
- [4] Damasio H, Tanel D, Grabowski T, et al Neural systems behind word and concept retrieval[J]. Cognition, 2004, 92: 170-229
- [5] Grimshaw G M, Kwasny K M, Covell E, et al The dynamic nature of language lateralization: effects of lexical and prosodic factors[J]. Neuropsychologia, 2003, 41: 1008-1019
- [6] Josse G, Tzourio-Mazoyer N. Hemispheric specialization for language[J]. Brain Research Reviews, 2004, 44: 1-12
- [7] Tremblay T, Monetta L, Joanetta Y. Semantic processing of word in right and left handers[J]. Brain and Language, 2003, 87: 107-108
- [8] Passarotti A M, Banich M T, Sood R K, et al A generalized role of interhemispheric interaction under attentionally demanding conditions: evidence from the auditory and tactile modality[J]. Neuropsychologia, 2002, 40: 1082-1096
- [9] 李心天. 中国人的左右利手分布[J]. 心理学报, 1983, 15(3): 268-275
- [10] 北京语言学院语言教研室. 现代汉语频率词典[M]. 北京: 北京语言学院出版社, 1986
- [11] Christman S D. Individual differences in stroop and local/global processing: a possible role of interhemispheric interaction[J]. Brain and Cognition, 2001, 45: 97-118
- [12] Endrass T, Mohr B, Rockstroh B. Reduced interhemispheric transmission on schizophrenia patients: evidence from event-related potentials[J]. Neuroscience Letters, 2003, 320: 57-60

[责任编辑: 孙德泉]

江苏省生物多样性与生物技术重点实验室 学术委员会会议暨学术研讨会在我校召开

2006年度“江苏省生物多样性与生物技术重点实验室学术委员会会议暨学术研讨会”于12月22~23日在我校隆重召开。中国科学院昆明动物所张亚平院士、华东师范大学副校长王小明教授、中国科学院动物研究所魏辅文研究员、中国科学院微生物所周培瑾教授、中国药科大学李萍教授、南京师范大学周开亚教授、袁生教授、杨光教授、邵蔚蓝教授、计翔教授、王小余教授等学术委员会的成员,江苏省教育厅的施星国副处长,以及校科技处、生命科学学院相关领导、部分重点实验室成员等参加了此次会议。

省重点实验室学术委员会的成员在听取了实验室主任杨光教授关于江苏省生物多样性与生物技术重点实验室2006年的工作汇报后,针对实验室的研究方向调整、学科梯队建设、条件建设、科学研究、人才培养、学术交流和实验室开放课题的管理、评审等进行了讨论,并提出了许多建设性的意见。

在随后举行的学术研讨会上,张亚平院士、魏辅文研究员、李萍教授、周培瑾研究员分别作了题为“亚洲人群的源流与进化”、“大熊猫是否已走到进化历史的尽头”、“中药活性成分与质量控制研究”、“极端环境微生物资源及应用”的专题报告。

本次学术委员会会议及研讨会的召开对今后重点实验室的发展及加强校内外学术交流等将起到积极的促进作用。

(生科院供稿)