

感觉学

娄本东（上海师范大学数理学院）

摘要：人类基于视觉创立了光学，基于听觉创立了声学。我们设想开展对嗅觉、味觉、触觉、直觉等感知的科学研究，每一个分支进行：科学实验、理论创建、数学刻画、实践应用等方面的研究，形成相应的嗅觉学、味觉学、触觉学、直觉学等学科门类。进一步，与光学、声学汇合统一，形成一个完整的感觉学大学科。相关的应用将根本性地推进人类文明的进程！

1. 引言

感觉是生物体感受和了解世界的一种生理能力，感觉是通过生物体的感官实现的。高等动物都有相应的器官进行视觉、听觉、味觉、嗅觉、触觉的感知，此外，还有对温度(热感觉)、动觉(本体感觉)、疼痛(伤害感觉)、平衡(平衡能力)和各种内部刺激的感知能力。对外界的感知是动物生存的基本能力，因此，关于感知的科学(我们称之为感觉学)几乎涉及自然界和人类社会的所有方面。而对感觉进行科学研究也涉及生物、化学、物理、数学等几乎所有的理科领域。

1.1 视觉。视觉是通过处理包含在可见光中的信息来了解周围环境的能力，由此产生的感知也称为视力。视觉所涉及的各种生理组织统称为视觉系统，是心理学、认知科学、神经科学和分子生物学的研究重点，统称为视觉科学。视觉的对象是可见光(波长大约380nm-780nm)。从牛顿以来，对光的研究已经发展成为物理学中独立的光学分支，这使得人类对可见和非可见光有了清楚的认识，大大突破了动物仅仅依靠肉眼了解世界的局限。

1.2 听觉。听觉感知或听觉是通过检测振动来感知声音的能力[1]，使用耳朵这样的器官，随着周围介质压力的变化，通过固体、液体或气体物质传递，使人们听到声音[2]。听觉的对象是可听声(频率为20Hz-20000Hz)。对声音的研究也已发展成为物理学中独立的声学分支，这使得人类对可听声、超声波、次声波有了清楚的认识，大大突破了动物仅仅依靠耳朵了解世界的局限。

1.3 嗅觉。嗅觉感知是由脊椎动物鼻腔的特殊感觉细胞介导的，可以认为类似于无脊椎动物触角的感觉细胞。对人类而言，嗅觉发生在气味分子与嗅觉感受器的特定部位结合的时候，这些受体被用来检测气味的存在，它们聚集在肾小球，这个结构将信号传递给大脑中的嗅球[3]。人们对嗅觉正在进行一些初期的研究，但是，作为一门独立学科的理论研究还完全没有展开。

1.4 味觉。味觉是指食物或其他物质在舌头上的感官印象，是口腔中的物质与味蕾上的味觉受体细胞发生化学反应时所产生的感觉。味觉，嗅觉和三叉神经刺激(感知质地、疼痛和温度)，决定了食物或其他物质的味道。人们对味觉的研究，特别是，作为一门独立学科的理论研究也完全没有展开。

1.5 触觉。触觉是通过触摸来识别物体的感知过程。它涉及对皮肤表面图案(例如边缘、曲率和纹理)的体感知觉、手部位置和构象的体感知的组合[4]。人们可以通过触摸快速准确地识别三维物体，他们使用探索性的程序来做到这一点，例如将手指移动到物体的外表面或者将整个物体握在手中。人们对触觉的研究，特别是，作为一门独立的学科的理论研究也完全没有展开。

1.6 直觉。直觉是感觉到一个外部对象或自身内部的东西[5]，它被定义为：知觉、意识、主观性、体验或感受的能力、觉醒、有自我意识以及心灵的执行控制系统[6]。对于直觉是否真的存在，现在也有不同的意见，作为一门独立学科的理论研究更是没有任何结论。

注 1 本节部分内容引自维基百科。

2. 关于感觉对象与感觉机制的研究

如前所述，视觉的对象是光，听觉的对象是声音，关于光和声的研究都已经发展成为物理学的分支。另一方面，嗅觉的对象是气味，味觉的对象是滋味，触觉的对象是冷热软硬等，直觉的对象是知觉意识等，这些方面的研究远远没有展开。

光学和声学研究中的一个重要概念是谱，所有的光/声都是一些不同波长的基本光/声的叠加。比如，声音来源于空气的振动，可以看作是一些简单的谐波的叠加。在偏微分方程中，空气的振动可以用波动方程来描述，基于谱理论的变量分离方法是求解这类方程的有力手段。更准确地说，可以选择一个合适的希尔伯特空间作为工作空间，并在其中选择一个正交基，然后将方程的未知函数在这个基上展开成傅里叶级数就得到解的表达式。受到光学和声学中的谱理论的启发，我们设想用谱理论来研究嗅觉、味觉、触觉、直觉等问题。

2.1 嗅觉学。已经有人提出了主要气味的分类，包括：麝香(香水/须后水)，腐臭(臭鸡蛋)，辛辣刺激(醋)，樟脑味(樟脑丸)，乙醚味(干洗液)，花香(玫瑰)，辣薄荷味(薄荷口香糖) (musky (perfumes/aftershave), putrid (rotten eggs), pungent (vinegar), camphoraceous (mothballs), ethereal (dry cleaning fluid), floral (roses), pepperminty (mint gum))。我们认为基本气味应该不止这七种，它们仅仅都是人类能够闻到的气味，还有一些气味人类是闻不到的，但是动物可以闻得到。

我们设想对嗅觉进行系统的研究，包括：实验、理论、应用等等。具体地说，通过实验将所有的的气味找出来，做成气味的谱系；在一些合适的工作空间中，将每种基本气味作为一个函数进行量化，而把一般的复合气味表达成基本气味的叠加。

2.2 味觉学。现在有人认为有五种基本滋味：甜、酸、咸、苦、鲜(sweetness, sourness, saltiness, bitterness, umami)。当然，舌头也可以感觉到这些基本口味以外的其他滋味，它们在很大程度上是由体感感受到的，比如热、冷、麻、涩、金属味、钙、油腻、浓郁等等(hotness, coolness, numbness, astringency, metallicness, calcium, fattiness, heartiness)。我们认为基本滋味也不止上面这些，它们仅仅是人类能够品尝到的，还有一些滋味人类分辨不出。例如，蒸馏水的滋味，当然蒸馏水也可能是一种复合滋味。我们设想对味觉进行系统的研究，包括：实验、理论、应用等等。具体地说，通过实验将所有的的基本滋味找出来，做成滋味的谱系；在一些合适的工作空间中，将每种基本滋味作为一个函数进行量化，而把一些复合滋味表达成基本滋味的叠加。

2.3 触觉学、直觉学。对于其他感觉方式，我们建议以类似嗅觉、味觉的方式进行系统研究。

2.4 统一理论：感觉学。对于每一种感觉有了独立的研究、独立的理论，特别是清晰的数学表达方式之后，利用数学的本质统一性，设想将所有感觉统一为一个数学框架下的对象，像在 L_2 空间中表达所有的振动一样，给出统一的数学定量表达。接下来我们希望用函数和数据表征一个特定物体的光、声、气味、滋味、软硬等信息，并方便地对这些数据进行传输和共享。

3. 应用

基于理论研究，我们期待感觉学产生无穷无尽的应用，彻底改变人类的生活。下面仅举几个例子：

3.1 数据传输。在未来，人们不再“看”电视，而是通过更多感官直接感受虚拟场景：对于现在我们“看到”在一个房间内就餐的电视场景，未来的“观众”(或者叫“虚拟体验者”)却身处一个可以通过 3D 打印技术瞬间成型的房间，这个房间里有五颜六色的打印食物，这些食物从装有基本气味粉末的设备中发出特定的气味，体验者鼻腔闻到食物的味道，体表感受到食物的温度，舌尖被刺激感受到食物的辛辣香甜。如同他们和剧情中的主人公在一起就餐一样，区别在于体验者甚至可以触摸剧情中的主人公，但是主人公却不受体验者的影响而继续自己的剧情。

- 3.2 **数据录制**。在未来，人们随身带着一个一体感应器，记录本人周边的一切声、光、气味、滋味等各种信息。相当于把现在的车载记录仪由记录影像功能升级为记录一切信息。在一些重要的保密房间，代替监视器的是将是具有声、光、气味、触觉记录功能的地毯、壁纸、空气清新剂等等，全方位记录该房间过去一个时段内所有的信息，包括进出房间人员的体味、体重、身形、走姿等特征。一旦发生安全问题，这些记录数据可以立即与数据库匹配锁定嫌疑人。
- 3.3 **救灾**。在未来的地震救灾现场，会有一个远程遥控的无人飞机停在空中，不仅通过光和声了解基本情况，而且可以通过感应器识别气味，分辨人员和物品(就像如今的搜救犬一样，而且可以做得更好，识别更宽频谱的气味)，然后形成数据、传送回搜救中心以供决策。

关于感觉学的理论研究如果能够突破，我们坚信将有无穷无尽的应用喷薄而出，彻底改变现在声、光记录和传输信息的局限，未来的人类生活也将出现天翻地覆的变化。

注 2. 本文思想始于 2012 年作者在同济大学授课过程中的启发，初稿写于 2012 年 10 月 29 日。本文修改于 2022 年 7 月 4 日上海值疫情防控期间。

参考文献

- [1] D. L. Schacter, et al., *Psychology*, Worth Publishers, 2011.
- [2] J. Schnupp, I. Nelken and A. King, *Auditory Neuroscience*, MIT Press, 2011, ISBN 0-262-11318-X.
- [3] D. Schacter, D. Gilbert and D. Wegner, *Sensation and Perception: Psychology*, Worth Publishers, 2011, pp. 166-171, ISBN 978-1-4292-3719-2.
- [4] A. Streri, Haptic perception of objects in infancy, *Cognitive Psychology*, 20 (1) (1988), 1-23. doi:10.1016/0010-0285(88)90022-9.
- [5] R. van Gulick, *Consciousness*, Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2004.
- [6] G. Farthing, *The Psychology of Consciousness*, Prentice Hall, 1992, ISBN 978-0-13-728668-3.