

大脑中的竞争动态

Rabinovich 等人[1]在将大脑视为信息处理设备时提出了竞争动态的重要性[2,3]。他们通过动态视角向我们提供了丰富的见解，这些视角强调了亚稳态和 Winnerless competition。他们的研究遵循了一种令人信服的传统，即试图根据吸引子动力学以及由此产生的与感觉神经的耦合动力学来理解神经元活动[4-11]。

作者首先提出了一个要点——要正确理解神经处理，人们必须超越经典的信息理论方法，并研究支持非平衡系统（例如大脑）的自组织的大脑动力学，该非平衡系统保持稳态或体内平衡[6,11,12]。Rabinovich 等人的文章涵盖许多主题，我将重点关注 Helmholtzian 理论对大脑功能的理解所带来的广泛影响[12-14]。在这种观点下，大脑尝试对与世界的感官交流进行建模，在这种建模中，人们可以感知并选择我们称为行为的感官证据。考虑到我们必须建模的世界的亚稳态，Winnerless competition 和亚稳态的动力学绝对是这个概念的核心。一个很好的例子是具有深层次结构和时间尺度分离的特定对象之间的交流。关于高等生物这种非凡能力的一种观点是，它们的大脑包含相同的中央模式发生器或稳定的异质通道，这些通道通过感觉交换而耦合。Rabinovich 等人从稳定的异质通道的结合角度来看[15]。在语言的上下文中思考这种绑定的性质是很有趣的[16]。简而言之，如果听者使用其模式生成器预测讲话者的行为（即语音），则发声器中的巡回模式生成器可能会在听众中引入等效的动态。这自然导致人们从预测编码的角度看待大脑[17]，其中预测误差将束缚在不同大脑中的亚稳态轨道，甚至是单个大脑的等级层次[12]。

这里的关键是，Winnerless competition 和竞争动力提供了有关不断发展的世界的模型或先前的信念，因此为预测我们对该世界的感官印象提供了基础[18]。完全相同的观点可以应用于动作，其中动觉或本体感觉预测通过经典反射弧产生运动。Rabinovich 等人在软体动物海若螺中提供了一个漂亮的例子。他们考虑了囊泡受体神经元之间的竞争动态，以及它们如何为游泳和狩猎提供命令信号[19]。至关重要的是，他们将 winner-take-all 和 winnerless competition 作为两种不同的亚稳态模式进行了对比，它们分别产生常规的游泳和狩猎行为。这反映了亚稳态动力学的可控制性[16]，并为动作选择提供了一个很好的隐喻，几乎可以很好地与当前有关运动控制的理论相吻合，例如能力竞争[20]和主动推理[12]。在这种观点下，稳定的异质通道提供了具有所有必要特征的贝叶斯模型[14,18]中固有的先验性质的动态形式，即顺序动力学，灵活性，隐式记忆和自组织。这篇评论暗示了许多激动人心的进展，它们表明人们对大脑的感知和动作有了更深的了解。例如，通过较慢的轨道控制快速稳定的异质通道，或更广泛地说，是对神经科学中其他形式方法的充实，比如最佳控制和信息论。

参考文献

- [1] Fee MS, Shraiman B, Pesaran B, and Mitra PP. The role of nonlinear dynamics of the syrinx in the vocalizations of a songbird. *Nature* 395:67–71, 1998.
- [2] Rabinovich MI, Afraimovich VS, Bick V, Varona P. Information flow dynamics in the brain. *Physics of Life Reviews* 2012;9(1):51–73 [in this issue].
- [3] Afraimovich V, Tristan I, Huerta R, Rabinovich MI. Winnerless competition principle and prediction of the transient dynamics in a Lotka–Volterra model. *Chaos* Dec 2008;18(4):043103.
- [4] Rabinovich M, Huerta R, Laurent G. Neuroscience. Transient dynamics for neural processing. *Science* 2008;321(5885):48–50.
- [5] Crauel H, Flandoli F. Attractors for random dynamical systems. *Probab Theory Related Fields* 1994;100:365–93.
- [6] Freeman WJ. Characterization of state transitions in spatially distributed, chaotic, nonlinear, dynamical systems in cerebral cortex. *Integr Physiol Behav Sci* 1994;29(3):294–306.
- [7] Haken H. *Synergetics: An introduction. Non-equilibrium phase transition and self-organisation in physics, chemistry and biology.* Berlin: Springer Verlag; 1983.
- [8] Jirsa VK, Kelso JA. The excitator as a minimal model for the coordination dynamics of discrete and rhythmic movement generation. *J Mot Behav* 2005;37(1):35–51.
- [9] Kauffman S. *The origins of order: Self-organization and selection in evolution.* Oxford: Oxford University Press; 1993.
- [10] Kelso JAS. *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior.* Boston: MIT Press; 1995.
- [11] Tsuda I. Toward an interpretation of dynamic neural activity in terms of chaotic dynamical systems. *Behav Brain Sci* 2001;24(5):793–810.
- [12] Tyukin I, Tyukina T, van Leeuwen C. Invariant template matching in systems with spatiotemporal coding: A matter of instability. *Neural Netw* 2009;22(4):425–49.
- [13] Friston K. The free-energy principle: A unified brain theory? *Nat Rev Neurosci* 2010;11(2):127–38.
- [14] Helmholtz H. *Concerning the perceptions in general. Treatise on physiological optics.* New York: Dover; 1866/1962.
- [15] Dayan P, Hinton GE, Neal RM. The Helmholtz machine. *Neural Comput* 1995;7:889–904.
- [16] Rabinovich MI, Afraimovich VS, Varona P. Heteroclinic binding. *Dyn Syst Int J* 2010;25(3):433–42.

- [17] Kiebel SJ, Daunizeau J, Friston KJ. Perception and hierarchical dynamics. *Front Neuroinform* 2009;3:20.
- [18] Rao RP, Ballard DH. Predictive coding in the visual cortex: A functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects. *Nat Neurosci* 1999;2(1):79–87.
- [19] Gregory RL. Perceptual illusions and brain models. *Proc R Soc Lond B* 1968;171:179–96.
- [20] Varona P, Levi R, Arshavsky YI, Rabinovich MI, Selverston AI. Competing sensory neurons and motor rhythm coordination. *Neurocomputing* 2004;58(60):549–54.
- [21] Cisek P. Cortical mechanisms of action selection: the affordance competition hypothesis. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci Sep* 2007;362(1485):1585–99.