



2014年度浙江大学学术进展

# 以“石头剪刀布”为例的混合纳什均衡中的动力学结构及其微观机制研究

★★★★★ (入选年度十大学术进展)

现代博弈论有七十年的历史，其中“石头剪刀布”和“硬币配对”是二种基本博弈用于诠释混合纳什均衡。就是在这二种基本博弈中，他们第一次观察到了周期性的动力学结构。

项目负责人：王志坚

博弈，在人类社会自古就有且无所不在。纳什均衡，这是现代博弈论中的核心概念，其重要性如同DNA双螺旋结构之于生物学，它为社会科学带来了一场革命。“石头剪刀布”和“硬币配对”是诠释纳什均衡的两个基本博弈。博弈动力学理论预言这两个博弈可存在动力学结构，然而，一直没有实验证据。

通过招募360名浙江大学学生参加“石头剪刀布”博弈，他们用5个激励参数的实验研究这类体系的动力学特征及其微观基础。实验发现，宏观层面，社会系统普遍存在持续的周期循环现象；微观层面，个体行为存在着依赖于激励参数的条件响应行为模式；在宏微观的联系上，不同激励参数下，宏观周期均可以被微观行为模



这是一个由经济学和物理学学者组成的跨学科研究团队。团队成员包括浙江大学实验社会科学实验室王志坚研究员，实验室主任（兼）许彬教授，中国科学院理论物理研究所周海军研究员，浙江大学竺可桢学院学生王爽，实验室科研兼行政助理王遵峰、孙安萍。

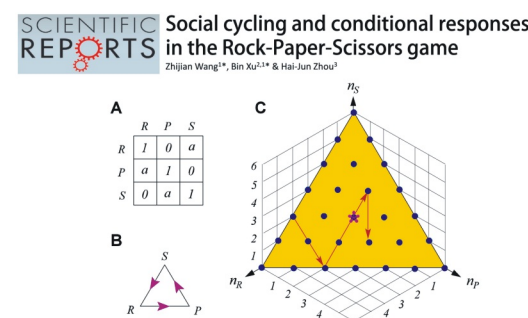
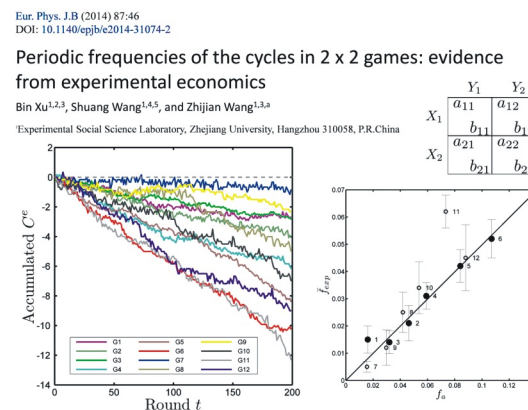


Figure 1 | The Rock-Paper-Scissors game. (A) Each matrix entry specifies the row action's payoff. (B) Non-transitive dominance relations (R beats S, P beats R, S beats P) among the three actions. (C) The social state plane for a population of size N = 6. Each filled circle denotes a social state (n\_R, n\_P, n\_S); the star marks the centroid c\_0; the arrows indicate three social state transitions at game rounds t = 1, 2, 3.

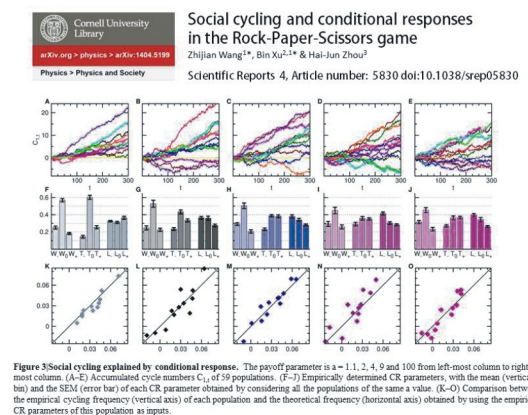


Figure 3 | Social cycling explained by conditional response. The payoff parameter is a = 1, 1, 2, 4, 9 and 100 from left-most column to right-most column. (A-E) Accumulated cycle numbers C\_i of 50 populations. (F-J) Empirically determined CR parameters, with the mean (vertical bar) and the SEM (error bar) of each CR parameter obtained by considering all the populations of the same a value. (K-O) Comparison between the empirical cycling frequency (vertical axis) and the theoretical frequency (horizontal axis) obtained by using the empirical CR parameters of this population as inputs.

式所解释。同时，借助于波恩大学12个参数864人的“硬币配对”实验数据，在博弈论历史上，他们第一次系统性地揭示了混合纳什均衡2x2博弈内在持续的、非均衡的运动循环，第一次给出了博弈动力学运动量（周期值）依赖于博弈支付矩阵的定量的科学证据。这表明，在混合纳什均衡的博弈系统中可能普遍存在稳定的非均衡的动力学结构。

由于纳什均衡理论在社会科学领域的基础地位及其应用的广泛性，他们发现的与纳什均衡相伴的定量的动力学结构及其方法集，可以推进那些受纳什均衡理论影响的社会科学理论与应用的发展。发现动力学结构首先是由王志坚研究员完成的。随后王志坚研究员和许彬教授合作，通过一系列自己的实验，也通过第三方实验数据，在国际学术同行中首先确认了动力学结构的存在性。以“石头剪刀布”为例，动力学研究的研究开始深化。特别重要的学术进展的是许彬教授对个体条件响应行为的结构化测量以及条件响应行为对激励参数的依赖的发现，对基于真实个体行为的经济动力学建模打开了一条全新的路径。周海军研究员构建的严格的数学模型第一次成功地确认了博弈动力学过程的微观-宏观的关联，这为统计物理学在基础博弈动力学实验的发展树立了成功的典范。

2014年底，“石头剪刀布”成果同时入选《MIT科技评论》年度最优和“BBC年度科技新闻亮点”。社会科学领域的成果入选，在我国尚属首次。至今，该成果已成为国内外科科研机构讨论会的内容，为正式发表的学术期刊论文引用，并成为欧美高校博弈论、微观经济学和算法理论等本科教学教案的参考。国内外1000多家新闻媒体以及包括自然哲学、数学、心理学和物理学在内的专业网站和公众媒体推荐、报道或转载了该研究。硬币配对中的周期运动的论文也因其重要科学贡献入选《Advances in Engineering》。

对基础社会科学的认识，如同对自然科学的认识一样，是一个漫长的过程。在以定量方法为核心的现代社会科学基础研究领域，我国起步较晚。这项研究成果的取得有助于推进我国基础社会科学研究科学普及和国际化进程。

