

忙总谈数学：复杂系统理论简介

January 22, 2022

Abstract

目前我对复杂理论最近10多年进展一无所知，完全是个外行。当年我离开科学院时，老师说过：你要想好，离开后就再也回不来了，离开研究主流三年，你就不可能看懂论文了。所以我下面说的你就当闲谈看看，不要较真，较真对我很麻烦，我还得去补课。

其实我接触的复杂系统理论也不多，而且早就离开这个领域，只能简单说说很早以前的一些情况。

豆瓣小组“管理实践与学习”

<https://www.douban.com/group/542139/?ref=sidebar>

复杂系统理论简介

来自: wxmang 2015-09-12 15:40:41

<https://www.douban.com/group/topic/79539691/>

首先声明，目前我对复杂理论最近10多年进展一无所知，完全是个外行。当年我离开科学院时，老师说过：你要想好，离开后就再也回不来了，离开研究主流三年，你就不可能看懂论文了。所以我下面说的你就当闲谈看看，不要较真，较真对我很麻烦，我还得去补课。

其实我接触的复杂系统理论也不多，而且早就离开这个领域，只能简单说说很早以前的一些情况。

1 核心问题

最早有人把普里高津耗散结构理论，哈肯协同学，微分动力系统的混沌等等当成复杂系统理论，其实他们不是，他们仅仅只是物理学和数学。复杂系统理论研究对象是系统。

真正被承认的复杂系统理论大概有Maturana和Varela的自创生理论，Holland的自适应理论，Kauffman的自催化闭合理论等等，当然还有钱学森的人机理论。

中国在复杂系统领域，有价值的理论只有钱学森的人机理论。他认为纯粹走计算机模拟的道路并不能最终达到目的，认为计算机模拟能够解决复杂性的所有问题是一种幻想。但是这种理论采用的研究手段落后（主要采用专家系统、传统人工智能的方法建立知识库、数据库，与传统的决策支持系统并无区别，世界上并不把他当成理论，而是一种工程技术实践。

我们都知道，建立一种理论，首先必须建立理论模型。

目前复杂系统的理论模型包括：细胞自动机模型、受限生成系统（这是复杂适应系统涌现现象的核心模型）、网络模型。

这三个模型其实本质都是图灵机模型。实际上目前一切关于复杂系统的计算模拟系统都是图灵机。

我们知道最原始的图灵机仅仅能够完成一些简单运算，但当把充分多的图灵机搭建成一个系统时，我们发现了系统具有了自学习、自适应的属性，而这种特性在原始图灵机中是不具备的。

这样这种系统就可以模拟进化系统的涌现性、学习性、适应性。

为什么会出现这种情况？图灵机系统如何通过外界环境的交互实现自组织？若干原始图灵机如何聚集到一起形成图灵系统机实现进化与学习？

这就是复杂系统理论研究的主要问题之一。

2 用算法研究世界本质问题

从生物科学我们知道，进化系统进化的动力是正反馈和多样性，例如高等动物生命的自组织行为就是由性激素导致的繁殖冲动产生相互吸引作用而产生的社会性，导致的正反馈，另一个是竞争有限资源用于生存繁殖导致的相互排斥而保持个性的作用，导致的多样性。

那么正反馈和多样性在本质在可计算上是什么？显然在前面我们介绍过的逻辑斯蒂模型中，就是正反馈和多样组成的，计算结果是：可能周期性振荡，收敛，混沌-突变，发散，分别对应生物系统的：稳定生存，灭亡，进化，瓦解几种情况。

类比一下，我们得到复杂系统自组织产生的原因是群体简单行为叠加导致的不确定性。

这个结论对理解人类三大核心问题极有帮助：生命是如何产生的？智能是如何产生的？宇宙是如何产生的？

这三个问题，其实是复杂系统研究的核心问题。

其中宇宙的起源是公认的最难的一个问题，因为宇宙之外空无一物，宇宙之前没有任何原因，也就是说宇宙必须起源于“无”这个状态。这一点目前还不能用科学和逻辑的方法来认识。目前复杂系统对此问题还一筹莫展。

至于生命的起源，可以看成是若干物质演化的一种算法，这种算法导致了进化和突变，结果实现自我繁殖。这个已经有模型可以完全模拟。

至于智能产生，我们只需要把智能看成一系列规则即可，用蚂蚁算法和遗传算法，我们就知道，基于最简单的规则，复杂系统能够创造出规则的规则，新的规则继续创造规则，循环往复，这样智能就产生了。

3 目前复杂系统主要研究方法

目前计算机模拟是研究复杂系统的一个主要方法。

但是模拟方法的核心问题是模拟的极限是否存在？是不是在逻辑上存在不可能完全模拟复杂系统。

例如如果人类真能造出足够真实的虚拟世界，而且虚拟世界中已经进化出智能生物，那么这种智能生物会不会在它们的虚拟世界中再虚拟一个世界呢？如果存在它会是什么样呢？我们在计算机模拟中会不会也可能遭受到类似哥德尔不完全定理的限制呢？

假如一台超级计算机模拟了整个的宇宙，而这台计算机显然是宇宙的一部分，那么计算机也要模拟自己，这样从逻辑上来讲整个宇宙就会被无限制的循环模拟下去，形成永无终止的怪圈。就像在一个房子里面摆满镜子，镜子里的人影会无限制复制下去，那么问题就出来了：哪个镜子的人影是真实影像？如果人影出现突变，会在哪个镜子里出现？

这样模拟的结果就有很大问题。

4 应用前景

目前复杂系统主要应用是计算机仿真，但是存在根本问题还没有解决：模拟结果可能是不可控的，可能是超出人类理解的。

例如当我们把任何一个计算机仿真程序都看成是一个系统，如果设置好基本的参数和规则，让程序自发演化，则这个系统就是一个封闭系统，在没有人为的干预下，这个系统就会没有新的信息被注入，按照耗散结构理论结论，这样的系统最终就会走向无序状态，系统灭亡。也即无论这样的模拟系统多么复杂，它必然会存在一个极限。

但是，任何模拟系统人类都要不断输入信息，验证自己的设想，这样计算机模拟系统就可能出现突变，出现不可控制的循环突变和进化，导致模拟的复杂性不断增长，例如Brooks的机器昆虫就是一例，通过模拟发现，机器昆虫的行为复杂性的来源完全取决于环境的复杂性，但是环境的复杂性与系统内部的复杂性却无法对应，也即系统内部复杂性是在外界信息的作用下不断演化生成的，而不是外界环境代入的。这样通过调整输入参数来模拟，就不能控制系统突变，也即你打开系统开始模拟，系统就不是你认识的系统了。

也即人类不能干预和控制复杂系统的发展方向。也即模拟复杂系统，从实用角度，例如工程角度来看，其实得不到确定性结论。

模拟复杂系统目前最著名的例子是IBM建造的模拟蛋白质折叠的并行计算系统。

5 游戏世界中的复杂系统

目前国外的一些严肃游戏（例如训练军队、治疗疾病、模拟管理城市、模拟管理企业等等）实际上已经进入具有自组织特点的复杂系统模拟，游戏本身规则简单，但是由于有人机接口，可以把人的主观指令输入，导致人性会干预系统模拟过程，成为现在现实存在中最复杂的有人参与的复杂计算机模拟系统，这种游戏发展下去，也许会出现很多我们无法预料的结果，最终反过来有利于我们理解生命起源，智能起源。

问答部分（注意：排列不一定是按照时间顺序）

一休哥们儿：忙总能不能推荐一款比较严肃的模拟管理企业的游戏。虽说生活中没有机会管理企业，在游戏中能体验一把也不错，最好是比较专业点的越接近真实真好。

wxmang：建议玩玩《金融帝国2》，这个游戏比较老，但是可以学习国际贸易和国际金融的一些知识，因为写游戏的，都是学这玩意的。

officexp422：芒总，一直有个问题不明白：我国的系统工程理论在世界上到底是个什么水平？我在帝都上学的时候也听一些讲座，讲钱学森在“开放复杂巨系统”方面有很大的开创性贡献，听着很振奋人心，但钱老毕竟是几十年前的人了，不知道我国在系统工程方面能排到世界第几的位置？

wxmang：目前我国系统工程水平，不管是理论还是工程实践，妥妥的老二，仅次于美帝。以前苏联老二，苏联解体后，我们跃升老二。目前俄罗斯系统工程专业不全，体系缺失，已经当不了老二。日本，德国，英国，法国等等没有巨型项目来支撑他们技术进步，无法验证他们的研究，只能望美帝中国兴叹。我们的巨型系统，成就了我们的系统工程进步：三峡，载人航天，南水北调，西气东输，超高压输电，高铁网络等等等等。系统工程，其实就是巨型系统的管理技术。美帝我们暂时还不可能追上，他们理论创新多，技术储备多。看20年后有无机会赶上。

就爱吃红烧鱼：忙总，你以前提过的GE的战略管理部是不是就是玩系统工程的？

wxmang：GE使用系统工程，而且水平极高。原来IIASA（国际应用系统分析研究所）的所长李天和就是GE战略部的头。IIASA是冷战时期美国和苏联唯一合作建立的一所研究机构，是当时系统工程的圣地，中科院系统所大量人员都是在此培训过的（因为李天和是许国志先生上海交大同班同学）。

就爱吃红烧鱼：这个李天和是华人啊，波音第一任的总设计师也是华人咱中国人搞工程还是很有天赋的

wxmang：解放后去的华人主要在华尔街和计算机程序两个行业。

bikachu: 我想請教忙總，如果要了解錢學森應該要看哪些書，台灣有賣美籍華人張純如所著的中國飛彈之父——錢學森之謎，但看美籍華人的書籍能否真的了解錢學森在中國的貢獻，我對此有所懷疑。

wxmang: 钱学森了没有完全解密，所以很多东西不能写。要想了解他有多伟大，如果数学好，看这几本书：《工程控制论》、《物理力学讲义》、《星际航行概论》、《论系统工程》、《创建系统学》。其中单凭《工程控制论》这一本书，钱学森就可以位列20世纪最伟大的工程师之列。《物理力学讲义》和《星际航行概论》是科大五系教材，这两本书培养了中国两代航天领域的科学家，一大批院士都是从被这两本教材折磨开始起步的。

[已注销]: 不得不说思维很超前，如果我们像美国那样强大，又还能集中力量干大事，很多设想应该都在实施中了吧？

wxmang: 什么时候国家解密，什么时候才知道，现在私人说的，都可以定义为谣言。

superboo: 芒总能不能评价下现在很火的民参军、国防采购社会化？说要取消准入资质，很多非航空航天体制内的军工配套企业应该都会受很大影响。

wxmang: 我管理过军工厂，知道军品资格认证流程，除了衣服鞋帽这类不复杂的装具，可能民营企业有机会外，绝大多数武器和装备，民营企业要想通过认证难度极大，需要补太多课，投太多资，认证周期又长，我估计一些民营企业等认证走下来，他的企业生命期就到了，有的装备从立项，原型验收，生产能力验收，到成品验收，到列装认证，十几年是很常见的。例如一个各种使用环境试用，就得好久好久，万一部队不接受，前功尽弃。

superboo: 军用基础材料可能会完全放开吧，以前靠保密资质，一些老国企还能维持，放开后竞争会很惨烈。军用器件也有不少民营企业了，高德还收购了做火工品的企业，这已经属于考核要求极高的领域了吧

wxmang: 材料很难赚钱，军工对材料要求太苛刻，几乎没人能够在材料上赚部队的钱。还是靠成套。国企如果不是政治任务，没人愿意做军工材料的生意。民营企业愿意跳火坑，巴不得。军工里面，轻武器，常规武器都不赚钱，弹药除非是高技术的，例如可编程的，末敏的，集束的炮弹，导弹等等才会赚钱。

这里空白太小：请教下忙总，关于利用复杂系统来理解宇宙起源，有没有学者做相关研究？有什么文献？

wxmang: 没有，目前没人做宇宙起源问题，其实弦论是搞这个的。不过难度很大，因为宇宙起源等价于认识是有边界的吗？如果有，边界外是什么东西？这个是悖论。因为如果有边界，就不可能认识边界外。这是边界的定义：不可认识的叫边界外。而不可认识，就无法判定边界。目前复杂系统主要研究生命起源和智能起源。

Helium: 最近少年班的尹希31岁成为哈佛正教授，就是研究超弦的（量子引力中的黑洞熵、弦论中的超对称束缚态和高自旋场论及其在引力/规范场对应中的应用）。但台湾的王孟源对这领域的人的评价是只有一些数学技能（但是除了Witten之外，都不够格发表数学论文），没有物理智慧，纯属自欺欺人，浪费生命。因为脱离现实，架上二、三十层假设后的结果。师兄觉得有道理吗？

wxmang: 弦论我不好说，因为我不懂，不过就我的同班搞弦论的人介绍来看，我觉得基本算哲学吧，不算数学。

一休哥们儿：两天猫在家看了部纪录片《宇宙千年》，拍得比较专业，里

面谈地球生命起源可能来自外太空，证据是地球上所有生物的氨基酸都是左手型，彗星尘埃中发现的氨基酸也是左手型，彗星中的氨基酸是在太阳系形成过程中生成的，随后冰冻保留在奥尔特云中，后来随着彗星撞击地球又返回到地球上，逐渐在地球上演化形成生命。左手型氨基酸在猎户座星云中也有发现。我觉得这个证据比较靠谱。

wxmang：外太空又来自于哪里？外太空外是什么？生命起源其实涉及到一个根本问题；生命和非生命区别及其演化机制。