

突变论：

思想和应用



勒内·托姆著

当今世界正在经历着深刻

而巨大的变化。科学技术的发展日新月异，标志着人类认识和揭示自然奥秘的飞跃和深化。

在科学技术飞跃发展的冲击下，在当代世界的哲学社会科学领域内崛起了一大批崭新的学科、思潮和观点，以期解决世界向

当代学术
思潮译丛

会主义，就必然要放眼世界，引进和借鉴当代世界的先进文化成果。

《当代学术思潮译丛》就是

立足中国，立足当代，精选当

今世界哲学、社会科学领域内

性的有重大影响

思潮、新观点

突变论： 思想和应用

著 者/〔法〕勒内·托姆

译 者/周仲良

校 者/张国梁

● 上海译文出版社

René Thom

MATHEMATICAL MODELS OF MORPHOGENESIS

Ellis Horwood Limited, 1983

根据英国埃利斯·霍伍德出版社 1983 年版译出

突变论: 思想和应用

(法) 勒内·托姆 著

周仲良 译 张国梁 校

上海译文出版社出版、发行

上海延安中路 955 弄 14 号

全国新华书店经销

上海新华印刷厂印刷

开本 850×1166 1/32 印张 13.25 插页 2 字数 275,000

1989 年 3 月第 1 版 1989 年 3 月第 1 次印刷

印数: 00,001—10,000 册

ISBN 7-5327-0486-6/B·036

定价: 5.10 元

译者的话

(一)

本书作者勒内·托姆(René Thom, 1923—)教授在法国比尔(Bures-sur-Yvette)高等研究院从事微分拓扑学研究。1951年获法国国家博士学位。1954年首创“协边理论”,获1958年菲尔兹奖。他自六十年代起就潜心研究突变现象。1968年他的第一部介绍他在这方面研究的著作《结构稳定性与形态发生学》出版。这部著作尚未问世就激起人们浓厚的兴趣。齐曼将这一新的理论定名为“突变论”,并将它纳入系统论的范畴。1972年,这本人们期待已久的奠基性著作出版。它宣告了一门崭新的数学分支的诞生。突变论引起的争论如此激烈,实为牛顿、莱布尼兹的微积分问世以来所罕见。突变论引起人们的普遍关注可见一斑。

(二)

三百年来,人们运用微积分、微分方程成功地建立了各种模型,例如牛顿的运动学与动力学模型、麦克斯韦的电磁场模型、爱因斯坦的狭义乃至广义相

对论的场方程等等。但这些分析数学只能描述那种连续的和光滑变化的现象。然而,自然界与人类社会充满着不连续的和突变的现象,诸如水沸冰融、弹性结构的塌陷、冲击波的形成、散射、火山地震、胚胎中胚囊的形成、心搏、神经冲动的传播、旧物种绝迹、新物种纷呈等等。又如舟覆机堕、古城兴衰、工厂倒闭、经济危机、改革维新、囚犯扰乱、政权更迭、战争爆发等等。突变论运用微分拓扑对奇点性质的研究成果,包括分类定理,试图对突变现象作一解释。这一理论来源于作者本人在拓扑学与分析学中关于结构稳定性的研究,以及作者与生物学家们关于形态发生学的探讨。

(三)

为了说明突变理论的模型,常用狗的攻击作为例子。狗同时又发怒又恐惧。若不用突变论模型,似乎两种刺激将相互抵消呈现平静的中间状态。但实际情况却是中间状态极少发生,而两种极端状态出现概率较高。我们用水平面上两根轴分别表示发怒和恐惧,这是成为突变原因的连续变化的因素,称为控制变量。竖直轴表示狗的行为的度量,如仓皇奔

逃、退缩、回避、漠然、惊叫或咆哮进攻,称为状态变量。对于控制平面上的每一点,即对于发怒和恐惧的每一种组合,至少存在一个最可能的行为,即得到一个行为点,这些行为点组成行为曲面。突变论模型表明行为曲面在中间发生折叠。在表示最少可能行为的中间叶,控制变量的微小变化均可能导致状态变量的急剧突变,表现为狗受到逼迫时的行为。这类突变论模型称为尖顶型突变。可解释一系列现象,如以威胁与代价为控制变量,政府的决策(攻击性或防御性)等等。托姆证明:只要控制变量不多于4个,在某种等价意义下;只有七种基本突变:除尖顶型外,还有折叠型、燕尾型、蝴蝶型、双曲脐点型、椭圆脐点型、抛物脐点型。

(四)

“山重水复疑无路,柳暗花明又一村。”正当传统的分析数学在解释不连续和突变现象面前束手无策时,突变论给了我们新颖的思考方法。经过托姆、齐曼、阿尔诺特等人的工作,突变论的应用遍及自然科学和社会科学。我国学者的工作也拓展了突变论的应用范围,如解释汉字字形辨识过程、中医扶正祛邪

学说。总起来说,突变论的应用分两类。一类是“硬”应用,如力学,物理学等;另一类则是“软”应用,如生物学与社会科学。学术界对前者无保留意见,而对后者至今仍有人啧有烦言。突变论发展至今,着力于数学基础的建立以及突变现象的解释,而控制乃至预见突变难度较大。生搬硬套也败坏了突变论的声誉。然而突变论表明数学既能处理连续和光滑的变化,又能处理不连续和突变的现象;既能有定量的应用,又能有定性的应用。研究“黑箱”有助于打开“黑箱”。我们期待着突变论的进一步发展和深化,期待着像突变论那样新的数学工具应运而生,从而揭开突变现象之谜,探寻自然界与人类社会的奥秘。

(五)

本书的法文本出版于1974年。原书名为《形态发生的数学模型》。现根据1983年W.布鲁克斯与D.兰德的英译本译出。它是作者继《结构稳定性与形态发生学》后,全面地阐述突变论的又一重要著作。它由作者在1967年至1981年间的有关论文整理而成。第一章记述了作者创立突变论的思想形成过程。第二章至第五章用简练的语言表述了突变论的理论

基础,不熟悉数学的读者可以跳过,对于阅读后面章节影响甚微。第六、七章总结了突变论的应用与局限,以及由此引起的争论,这方面的内容在其余各章亦有所见。第八、九章是物理学、生物学的观念与突变论的联系。第十章至第十五章包含了作者对语言学尤其是语义学模型的研究,作者的构想十分别致。第十六、十七章颇有认识论的意味。第十四章起还包含了符号学、信息论以及解释学的若干概念。本书虽然是本论文集,但是经过作者精心编排后已成为一本介绍突变论的思想与应用的完整论著,故将中译本书名改译为《突变论:思想和应用》。个别术语如 chreod 较难汉译,权且译为“育径”,其严格定义可参阅作者的《结构稳定性与形态发生学》一书。所有不当或错误之处,欢迎读者指正。复旦大学的同事与上海译文出版社的编辑同志给予不少鼓励与帮助,谨致谢忱。

1988年3月

■ 英译本序

英语读者主要是通过齐曼(Zeeman)、波斯顿(Poston)和斯图尔特(Steward)、吉尔摩(Gillmore)等人的著作了解突变论的。这些著作,特别是后两本书,都从实用的角度介绍了突变论。读了本书各篇文章后,读者可望对一种明显不同的、既更为思辨又更富哲理性的观点产生深刻的印象,因而就不那么纠缠于一些实际的结果。这样,读者将有可能问一问,本书提出的一些结论能否通过实验来验证,甚至还可以问一问,这些结论是不是真理。我得承认,我没有直接研究过真理问题,不过,有一点我是相信的:对于一种理论或模型,除了真理问题外,人们还必须考虑它的兴趣问题。如果我们相信波普尔(Karl Popper)的看法,那就得认为精神分析学不是“可证伪的”,因而必须排斥在科学门外。然而,精神分析学给予人们的兴趣远远超过了真实性无可辩驳的许多科学理论。在本书中,我正是基于这一想法来提出这些模型的,它们既不是可验证的假设,也不是通过实验可控制的模型,而是激发读者的想象,启迪读者的思维,从而增进读者对世界和人类的认识。

在此译出的各篇文章发表于1967年至1981年之间。其

中许多文章完全可以根据现在的认识作修改。正是由于这一原因,每篇文章之前都附上了一段简短的说明,它们把这些文章与我这样设想的当代问题联系起来。

但愿读者在了解这些模型的时候,能够分享一些我本人在设想这些模型时的喜悦心情,这是我的目的,也是我的希望。

R. 托姆

目次

英译本序	1
1 形态发生的动力学理论	1
1.1 术语: 形态发生	2
1.2 模型的描述	7
1.3 实验的控制	12
1.4 沃丁顿与托姆之间的通信	21
2 数学	38
2.1 基本概念简单回顾	38
2.2 微分拓扑的某些概念: 微分映射与微分流形	39
2.3 动力学	50
2.4 结构稳定性: 动力系统和微分映射	54
2.5 梯度分叉与函数奇点	59
2.6 哈密顿系统	62
3 万有开折的理论	66
3.1 函数芽的万有开折	66
3.2 分层空间与射: 拓扑理论	90
第4章 突变论	99
4.1 系统论方法	100

4.2	系统的特征	101
4.3	突变的概念: 普通的意义以及在突变论中的意义	104
4.4	形态发生学与突变论	106
4.5	稳定渐近区: 初等理论	108
4.6	非初等情况	109
5	初等突变论	112
5.1	冲突型突变	112
5.2	分支型突变	113
5.3	抛物脐点	117
5.4	脐点与波破裂的形态	121
6	突变论的应用及其局限性	123
6.1	第一类应用	124
6.2	突变论的局限性	127
7	争论	135
7.1	数学与科学的理论化	136
7.2	科学的目标	140
7.3	突变论的定量方面	148
7.4	纯粹的定性模型: 模拟与自然语言	151

8 从物理学到生物学	158
8.1 空间、科学与魔术	159
8.2 生理学空间	162
8.3 魔法与空间	163
8.4 魔法与局部性	165
8.5 魔法与几何学	166
8.6 科学与魔法	169
8.7 描述空间的新方法	170
9 生物学	172
9.1 对空间形态的解释:还原论与柏拉图主义	173
9.2 生物学的原型概念及其现代进展	190
10 语义学与语言学	203
10.1 拓扑学在语义分析中的作用	203
10.2 拓扑学与语义	208
11 拓扑学与语言学	244
11.1 作为符号学的语言学	244
11.2 语言的通用性	248
11.3 一个时空过程的意义	249

11.4	初等突变与原型形态	253
11.5	奇点及其重要截口的代数描述	256
11.6	互作用形态的语义学和句法学解释	260
11.7	对原子句意义的再分析	267
11.8	描述状态的句子	269
11.9	结论	272

12 语言与突变

12.1	句法结构和语法范畴	276
12.2	基本句的句法结构	278
12.3	突变论与物体概念	282
12.4	调节	295
12.5	关于语法功能的理论	307

13 自然语言类型学与心理语言

学解释

13.1	语言的通用概念	317
13.2	动力学模型与语义深度	323
13.3	初等句子的类型	326
13.4	形容词、所有格和词缀: 修饰语	328
13.5	形容词	338

13.6	自由式修饰语的类型转换	339
13.7	对语言演变的探讨	341
14	符号学	342
14.1	从图像到符号	342
14.2	像的发生	344
14.3	像的消逝:物理学孕育态	347
14.4	标引	351
14.5	人类的符号系统	354
14.6	定位与意义	359
14.7	从动物到人	360
15	一条语义学的变色龙:信息	365
15.1	信息的含糊性	365
15.2	信息的概念	366
15.3	信息、语义与形态	373
16	逻各斯的再生鸟	379
16.1	通用语言	379
16.2	数学是一种通用语言吗?	380
16.3	自然语言	383
16.4	普遍的需要	384

16.5 范畴	388
17 走向人类能力的边界: 对策	391
17.1 认识还是行动	391
17.2 系统论方法	393
17.3 诠释法	395
17.4 诠释与对策论	398
17.5 冲突的孕育	400
17.6 对策与人类学	401
17.7 技能与对策	403
17.8 科学与对策	404

形态发生的动力学理论^①

本文写于1966年,可认为是突变论的一篇渊源性文章。文中粗略介绍的思想在本书第二、第四两章中还要论述和解释。可以看到,在文中多次提到的“育径”(chreod)这个概念,至今仍很少为人们采用,因为对此字眼所下的定义确实太含混,不便于我们对其概念作正式描述。在多数情况下,可代之以“形态发生场”(morphogenetic field)这一更为确切的专业概念。众所周知,在生物学家和数学家之间进行对话是非常困难的,我本人和沃丁顿(C. H. Waddington)——那时,他对我的思想颇为赞赏,我也向他学到了不少东西——之间的书信往来就是一个明证。在生物学家中,很少有人认为对自己所用的概念应作严格的定义,在他们看来,数学家对精确性的追求乃是故弄玄虚。有必要指出,我们正面临着突变论的一个关键性问题:如何为一个动力学系统确定一个

① 本文首次发表于沃丁顿编选的《向理论生物学前进,第1卷》(*Towards a Theoretical Biology I*),爱丁堡大学出版社,1968年。