

# 日本“Emergent系统”的研究

徐丽娜

(哈尔滨工业大学)

**【摘要】** 本文介绍了日本文部省重点科学研究课题“Emergent系统”的立题背景,研究的出发点,所设立的基础研究项目,及研究的进展。  
**关键词** Emergent系统 人工生命系统 进化算法 自适应学习

日本文部省在1995年设立了为期三年的重点领域研究课题:“Emergent机能形成的系统理论”,简称:“Emergent系统”。有80多位控制、人工智能、生物、生态、物理、经济等界的学者、专家,参加了该课题的研究工作,领域的代表者是知名学者,神户大学工学部的北村新三教授。

## 一、立题背景

随着生产与技术的发展,系统工作的环境越来越复杂化、作业要求日益多样化,因此,要求系统对复杂变化的环境和多样化的作业,具有自组织,自适应,自修复等特性。

这样的系统,象以往那样,能明确地描述输入/输出,由设计者预先求出最优解,来构成系统的方法,是极其困难的。人类认识到:

1) 世界上,从只有无生物到出现生物,生物经过长期进化,由低级发展到高级,由竞争、协调、优胜劣汰,形成了宏观的秩序,且生物具有多种多样的种类、形态和形为方式。

2) 脑、神经系统、免疫系统、生态

系统等,能够在进化过程中,适应环境的变化,改变特性,这说明它们是具有自组织机理的系统。

3) 生物不仅具有长期进化的机能,且具有经过学习和训练,改善特性,适应环境的能力。

将生物具有的适应环境的种种机能称为“Emergence”。

如何使系统能够模拟生物,具有“Emergence”机能,是设立该研究课题的背景。

## 二、“Emergence”系统

给“Emergence”一词下定义是很困难的。它是在进化论中用的概念,在生态学和进化生物学中,也经常使用这一词。以上是以生物界作了说明。

北村教授在该课题研究中,用图1示出了“Emergence”的概念,并论述如下:运动着的个体间,及与环境局部的相互作用,形成了宏观的秩序;另一方面,由形成的秩序,反过来又约束个体的行动,这样,由双向的运动过程,个体获得了新的机能、形态和形为。

上述过程,称“Emergent过程”,它是一个闭环反馈过程,能实现“Emergent过程”的系统,称为“Emergent系统”。

可见“环境”、“外部、内部闭环反馈”及“动的过程”,是具有“Emergence”机能的系统的必要条件。

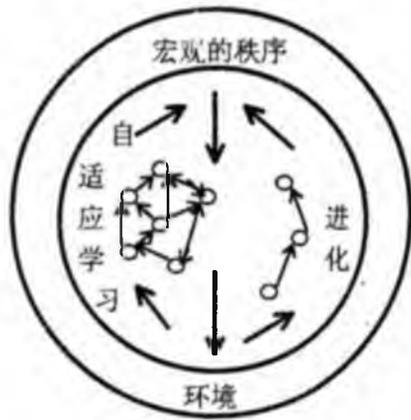


图1 “Emergence”的概念

也可以说，进化、学习、自组织、自适应等概念，用“Emergence”一词予以了概括。

“Emergent 系统”应具备的性能：

- 1) 对于环境的变化，能由学习而自适应；
- 2) 对于复杂的问题，能自动搜索；
- 3) 组成系统的单元(子系统)要维持多样性；
- 4) 多个子系统之间应能协调地工作；
- 5) 各子系统之间信息共享，且相互间能很好地通讯。

### 三、研究与进展

设立该课题研究的出发点是：

- 1) 研究生物进化、学习、自适应的机理；
- 2) 研究生物型人工系统的设计原理。

为此设立了如下五个基础研究项目：

- 1) 人工生命系统；
- 2) 生物型人工系统；
- 3) 进化的搜索理论；

4) 自适应学习理论；

5) Emergent 系统的数理。

承担相应基础研究项目的学者、专家们，在以往多年研究的基础上，不断开拓，取得进展。

1. 人工生命系统

人工生命(AL—Artificial Life)：是具有自然生命特征的人工系统，人工生命，即“Emergence”。

人工生命研究：

- 1) 生命的计算理论；
- 2) 关于进化、自适应系统的构筑方法。

自然生命的特征：自己增殖、新陈代谢、能够记忆、进化、自适应、自修复等特征。

自从1987年以来，已开过了五届“人工生命”国际会议，其中第五届是1996年在日本奈良召开的，这说明日本在“人工生命系统”的研究方面，已取得了相当的进展。

“CAM-Brain 计划”正在进行中，此计划为：用细胞自动机(CAM-Cellular Automata Machine)，到2001年，具有10亿个神经元的人工脑将研制成功，用此人工脑，神经网络的生成和进化，可以用硬件予以实现；

开展了在有秩序与无秩序的临界状态(混沌的边缘)，“自组织自创模型”的研究；

在揭示了细胞、个体、种群等的阶层间的相互作用重要性的基础上，研究了个体的分散行动和集团的遗传行为之间的“Emergence”关系等。

2. 生物型人工系统

除了机械手、机器人、微机械系统等进行自组织、自学习、协调机能的研究外，“生物型工厂系统”(BMS—Biological Manufacturing Systems)模型的研究，已列入日本通产省“国际共同研究”项目。

此项研究,是在分析了“生物体具有信息和实体不可分性”的特性的基础上开展的,这一特性使生物具有了自组织、自生长、自修复、自适应性。“生物型工厂系统”模型的研究,是模拟生物具有的这一特性,来建立生产系统的模型。

如:将生产设备出现故障,设为内部环境的变化;将生产要求的变化,设为外部环境的变化。由仿真,体现了“生物型工厂系统”对内外环境的变化所具有的自组织、自修复、自适应的能力。

### 3. 进化的搜索理论

进化型算法( EC—Evolutionary Computation )是模拟生物进化过程的一类搜索和优化算法的总称,包括:

遗传算法( GA—Genetic Algorithm )

进化策略( ES—Evolution Strategy )

进化规划( EP—Evolutionary Programming )

……

这类算法,是求解复杂问题的近似解法,研究的中心问题是:如何提高搜索效率,即:提高解的近似程度和求解的快速性。

在日本,基于进化型计算的系统最优化研究,着重如何实现“Emergence”搜索,其中的一些思想,是从生态学、进化生物学的研究成果中,得以借鉴的。

### 4. 自适应学习理论

模拟人类学习的机器学习算法,已有多种,其中,再励学习或称强化学习( RL — Reinforcement Learning ),近年来,重又受到学术界的重视。在日本,自适应学习理论的研究中,再励学习占着相当重要的地位。

### 5. “Emergent 系统”的数理

涉及到各种算法的收敛性、对算法中某些算子的评价、在动态环境下的最优化

问题、复杂的动力学系统及其机能的研究等方面。

作为领域代表者的北村教授,除了进行理论研究,主要是在自动控制领域,对于在复杂环境下,面对多样性作业要求的系统,如何运用“Emergent Systems”理论,进行设计、综合,进而实现具有进化、学习、自适应的性能优异的系统,在他的研究中,结合智能机器人、系统故障诊断等方面予以实践。

1996年11月,有机会在日本神户大学北村研究室,访问了北村教授。我们双方就各自学校的情况,各自教学、科研等进行了交流,并参观了他的实验室后,就“Emergent 系统”的问题进行了研讨,他认为:该课题是涉及到多学科的前沿课题。在日本虽已立题进行了近两年的研究,取得了一些进展,但还处于摸索阶段。在今后,仍需各相关领域的学者们的共同探讨,从理论与实践两方面,不断深入研究下去。

在日本访问过程中,还了解到,很多没有直接承担该课题研究的学者、专家们,在研究的相应课题中,从不同角度,也在探索着“Emergent 系统”的理论和实践问题。

在此,感谢北村新三教授的热情接待,及赠送的该领域研究的文献和资料。

### 参考文献

- [1] [日]平成七年度研究成果报告书“Emergent 机能形成的系统理论”
- [2] [日]西川、北村,神经网络与计测控制 朝仓书店 1995. 1.
- [3] [日]上田 完次等,人工生命的方法 株式会社 工业调查会 1995. 11.
- [4]. [日] “Emergent 系统”特集 计测/制御 Vol. 35 No. 7 1996.
- [5] [日]上田 完次等,人工生命研究的展开 系统/制御/情报 Vol. 40 No. 8 P329 ~ 336.