

教育信息工程學引論

佐藤隆博 著
薛理銀 譯

遼寧大學出版社

JIAOYU XINXI GONGCHENGXUE YINLUN

教育信息工程学引论

佐藤隆博 著
薛理银 译
钟善基 审校
苏 真

辽宁大学出版社

一九九二年·沈阳

(辽)新登字第9号

教育信息工程学引论

佐藤隆博 著

薛理银 译

钟善基 审校

苏真

辽宁大学出版社出版发行 (沈阳市崇山中路66号)

朝阳新华印刷厂印刷

开本: 282×1092/1/32 印张: 5.625 字数: 120 千

1992年7月第1版 1992年7月第1次印刷

印数: 1-500

责任编辑: 李富明

封面设计: 李华为

责任校对: 华梅

ISBN 7-5610-1766-9
G·508 定价: 1.50 元

中文版序^①

我的著作《教育信息工程学入门》(コロナ社・日本国 1989) 由中国北京师范大学薛理银先生译成中国语并且出版, 对此我倍感荣幸。我非常高兴在中国从事教育、信息学、信息工程学诸位研究者能有机会阅读这本著作。

本书论述了与“教育方法”相关的信息学、信息工程学的研究方法。因此可作为与这些方面及其应用相关的大学、研究生院的教科书, 同时也可作为从事教育实践的教师们研究高等教育工程学的教科书。

我衷心感谢薛理银先生对本书中国语版本的出版作出的努力。同时深信这加深了本人与薛理银先生的交流。更加期待这本书能使我和中国的研究者交流切磋并能对中日友好作出贡献。

佐藤隆博

1991 年 12 月

① 此中文版序是佐藤隆博先生用中文写的。

前 言

本书是“教育信息工程学系列丛书”的第一卷。在日益高度信息化的社会环境中，做为一名教师，需要理解与掌握新信息技术，应能分析、制作和编辑教育信息，从而发现新型的教学并付诸实践。

书中的“教育信息工程学”指的是教育方法的信息工程学，它旨在开发用于提高教师教育信息处理能力和教学能力的具体方法和技术。教师为了开发和实践更好的教学方法，应探求如何处理教育信息的方法论及开发和实践与教学心理和学习心理相关的软信息技术，如：分析、解释、创造、编辑、表示、传递和理解教育信息的技术。

本书根据笔者在日本庆应大学理工学院的“教育信息工程学”讲义经整理后写成，其内容涉及上述的教育信息工程学观点，论述分析、解释、创造、表示和理解教育信息的具体方法，以及计算机辅助教学等问题。在编写本书时，参考了最新出版的一些著作，并从笔者已出版的著作*中选出有关部分加以改写与充实。本书应该说是1987年出版的拙著《教育信息工程学的进展》的姊妹篇，具有理论篇的特点，每一部分均给出了问题的数学表达并在数学理论上进行了阐述。

笔者是从1963年进入上述研究领域的。1963年4月，刚到日本电气公司时，受命研究“教育与电子学”这个课题。从应答分析器着手，研制和开发各种各样的教学机器，并以当时的电子计算机为基础，研制教学系统（即现在的CAI系统）。在与教学第一线的教师的交流过程中，萌发了如下的想法，那就是，仅从技术角度探求如何应用技术是行不通的，必须从教育的角

度来思考和研究技术问题。

在兼任日本电器技术专修学校数学科的教师期间（1966—1969），使用自己设计和开发的教学系统进行了教学。从那时起，就一直在考虑教学方法与教学机器、教育信息及处理方法，以及开发应用技术的方法论的重要性等问题。当时与现已故的藤田广一教授（原庆应大学理工学院院长）第一次会面，藤田先生对应答分析器的使用具有浓厚的兴趣，在此之后我们与帝塚山学院的平田启一教授三人联合一起，共同研究了这个问题。

根据有关教育方法和教育信息的信息工程学方法，开发了应答分析器的使用技巧，研究了学习反应时间和S—P表的理论等。我们把这种与教育方法相关的信息工程学称为“教育信息工程学”，并在庆应大学工学院教学计划中设置了“教育信息工程学”这门课程。起初由藤田先生当任主讲，此后由笔者承担该课的教学工作，一直延续到现在。

笔者在教育信息工程学方面的研究已有二十多年，这期间得到了全国众多从事实际教学工作同事们实践性研究的协作。我们对能开展与实践密切联系的研究工作很感庆幸。此外，还和美国伊里诺大学的莫里斯·塔茨奥克教授、凯库米·塔茨奥克教授、迪尔文·何尼斯教授，密歇根州立大学的里瑞·欧尔逊教授，以及许多国家的研究教育方法和教育信息的人员开展了交流。直到现在，仍很重视与各方协作者的交流，在实践的基础上进行研究。本书的基本观点就是笔者在上述经验中产生出来的。

当前，信息技术日新月异。不论在学校里、在工作岗位上和家庭中，我们都必须开发人的能力，使人能够掌握与信息技术协调的技术。这是当前高度信息化社会向人类提出的重要课题。我们必须研究怎样才能处理好与信息媒体的关系，怎样利用信息媒体来提取、理解、描述与传递、识别以及形成信息，显然它们与开发人的能力密切相关；还应展现出教育和信息媒体

的理想状态，创造出新的教学方法。这些就是现时教育信息工程学中研究的重要课题。

·佐藤隆博

1988 年 11 月

* 本书中所引用的笔者本人的著作：

1. 《教育信息工程学的进展》日本电气文化中心（1987）
2. 《教学设计与评价的数据处理方法》明治图书（1980）
3. 《ISM 结构学习法》明治图书（1987）
4. 《S—P 表的制作与解释》明治图书（1975）
5. 《S—P 表入门》明治图书（1985）
6. 《CMI 系统》（编著）电子信息通信学会（1976）
7. 《卫星时代的教育网络》（与人合著）日本电气文化中心（1988）

目 录

第一章 教育方法的信息工程学

§ 1. 1 教育与信息技术	1
§ 1. 2 教育信息的分析、创造、传递和理解	2
§ 1. 3 教育信息工程学的方法	4
§ 1. 4 追求“改善现状”	5
§ 1. 5 主观性和客观性的协调	6
§ 1. 6 分析和处理教育信息的方法	7
§ 1. 7 教育与媒体的使用	10

第二章 教学与学习活动的结构模型

§ 2. 1 教学与学习活动的结构模型	14
§ 2. 2 提供 KR 信息的方法	18

第三章 教学技术和课堂信息系统

§ 3. 1 教学的呈现技术	19
一、结构化与程序化	19
二、谈话技巧	20
三、弥补人的信息加工能力之不足的呈现方法	20
四、提高形象思维能力	21
五、为学生进行归纳思维创造条件	22
六、易懂的呈现和促使学生思考的呈现	23
七、教学步调	23
八、定时步调训练	27
§ 3. 2 计算机教材——当作教材的 CAI——	27
一、什么是 CAI	27
二、从教材论观点看计算机教材	29

三、提高教师的呈现能力	30
四、当作反应教材的 CAI (I) ——习得教材	32
五、当作反应教材的 CAI (II) ——操练教材	33
六、从教学方法来看知识工程的前景	33
§ 3.3 课堂应答系统	35
一、反应分析装置	35
二、教学中的反应数据的收集	36
三、利用反馈信息的团体思考和集中团体意见的技术	38
四、团体反应曲线	39
第四章 教材结构分析——结构模型法的应用——	
§ 4.1 教材的结构化	44
一、引言	44
二、教材结构的把握	44
三、教材结构化的三层模型	45
四、教材结构化的维度	48
五、教材结构化的方法	49
§ 4.2 ISM 教材结构化方法	49
一、分析和把握教材结构的系统方法	49
二、用 ISM 概念结构图形象地表征大脑中的思维	50
三、计算机辅助绘制 ISM 教材结构图	50
四、绘制有向层级图的数学理论与算法	53
五、一目了然的结构图	57
六、关联顺序与教学顺序的表示 ——含时间数据的 ISM 教材结构图——	59
七、ISM 教材结构化法与 KJ 法	60
§ 4.3 根据目标——任务分析的教材结构化	60
一、目标——任务分析	60
二、Objective—Task 组合结构图	63

§ 4. 4 ISM 结构学习法	64
一、结构学习	64
二、提供作为学习总结的学习结构图	66
三、登山式学习法——把学习结构图用作先行 组织者——	67
第五章 基于信息测度的教育数据分析	
§ 5. 1 信息的概念和度量——从直观到定量——	69
§ 5. 2 等价选项个数	72
一、熵	72
二、最大熵	72
三、等价选项个数	73
§ 5. 3 测度关联性的交互信息量	78
一、交互信息量	78
二、关联程度	79
§ 5. 4 熵模型	81
第六章 基于测验分数的个别差异的尺度	
§ 6. 1 分数的标准化	82
一、什么是 Z—分数	82
二、在什么场合下应该把原始分数转换成 Z—分数	83
三、使用 Z—分数时的注意事项	85
四、正态化标准分数 (T—分数)	86
五、五级评定	87
§ 6. 2 团体中的名次的推断	88
§ 6. 3 多项选择测验中的有效分数范围	89
第七章 S—P 表的理论与分析方法	
§ 7. 1 形成性评价——测验分数的提取	91
一、形成性测验 (学习到达成度测验)	91
二、仅仅从分数、平均分和名次来诊断学习是	

不充分的	92
三、项目反应模式的提取	93
§ 7. 2 S—P 表分析	94
一、S—P 表的制作	94
二、S—P 表的读法	97
三、基于 S—P 表分析获得形成性测验的分数	101
四、表示错答类别的 S—P 表	106
五、S—P 表分析法的特点	108
六、类化 S—P 表—归类学习诊断和评价—	112
§ 7. 3 S—P 表的数学理论	114
一、S—P 表的数理结构	114
二、注意指数	127
三、项目间的相关	133
第八章 学习反应时间理论	
§ 8. 1 学习反应时间分布的理论与分析	140
一、直接测度的教育心理数据	140
二、简单反应的反应时间分布的特性	140
三、复杂反应连锁的反应时间分布模型	142
四、学习反应时间分布的戡布尔分析	145
五、个别步调的学习进度分布	149
§ 8. 2 反应时间—分数分析	151
附录	
1. 第三章的附录——德尔斐法	154
2. 第五章的附录	155
3. 第八章的附录	158
参考文献	159
译后	165

第一章 教育方法的信息工程学

§ 1. 1 教育与信息技术

当提及教育与信息工程学的关系时，也许不少人想到的是运用新媒体和计算机等信息机器来进行的实际教学活动。之所以如此，是因为他们考虑该问题时的出发点是用机器代替教师进行教学，减轻教师的劳动，使教学变得更加方便和更加有效。

教育是人指导人的活动，即教育学和教育方法学是属于人类学范畴的。然而，当人们实现了把计算机这种信息机器引入教学过程时，无形之中就将教师和学生之间的关系技术性地割裂开了，往往按照技术论和机械论的观点，仅仅以替代性、方便性和效率的高低为价值尺度。在推广计算机辅助教育的人员中，不少人的思想拘泥于技术论和机械论。不管计算机技术和人工智能技术怎样发展，“教育活动”都是离不开教师的。教师通过每天直接接触学生，把自己的知识和技能传授给学生，同时在有意和无意之间，自己的知识不断丰富，能力也逐渐得到提高。正如医生不去为患者看病就不是医生一样，对于教师，如果他（她）不接触学生，而让计算机代替他（她）给学生授课，那么也就不能称其为教师了。

对于学生来说，最佳的学习环境是能掌握了各种技能、素质良好的教师。教师通过大量使用计算机等媒体和信息技术，其自身的教学能力可望得到进一步提高。要达到这一点，教师首先应该掌握哪些知识和技能呢？另外，要把计算机和信息技术应用到教学活动中去，哪些知识和技能对于教师来说是必要的？

教师首先应该掌握的并不是关于计算机的详细技术知识和

操作技能，最重要的是怎样理解和处理教育信息和怎样从作为处理教育信息的手段的角度理解计算机的功能。

教师应该具备运用有关分析、评价、制作、整理和呈现教育信息的具体方法的能力。例如，观察学习行为的能力，分析学习数据的能力，参考分析资料评价学习作业的能力，分析、评价和选择教材的能力，编写教案的能力，运用教学过程中的呈现技术的能力和运用基于学生的反应提供反馈信息的方法的能力等。判断适合于用计算机进行处理的场合的能力也是教师应该具备的。

教育活动是和发展人的本质属性紧密相关的，因此，并不是新的教育媒体一经开发，教育活动就能立即发生变化。但也要认识到，基于新信息技术和媒体技术的“教育信息”处理技术将会给人类的精神活动带来很大影响。

§ 1. 2 教育信息的分析、创造、传递和理解

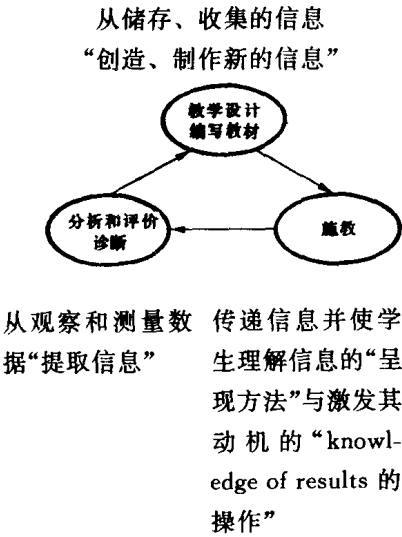


图 1. 1 教学过程中的教育信
息工程学的方法与技术

如图 1.1 所示，教育（教学）活动可以用三个阶段的循环模型表示，即分析现状、把握实际水平的分析和评价阶段；基于分析和评价组织教学内容的教学设计、教材编写阶段；以及施教阶段。

如果从信息工程学和信息技术观点来看每一个阶段的中心活动或功能，那么，在分析和评价阶段，从观察、测量得到的数据“提取信息”的方法和技术将是该阶段的中心。

教学设计和教材编写阶段的中心是依据存储的信息、新收集的信息以及由经验获得的信息等去“创造和制作新信息”的方法与技术。而在施教阶段，其中心是传递信息并使学生理解的“呈现”的方法与技术以及提供能激发学生动机的有效的“结果的知识”（knowledge of results; KR）（译注：有些书上把它译为“知道结果”），即反馈信息的方法。这些就是与教育信息的制作和处理有关的信息工程学和信息技术，也就是说，是与教育学和心理学相关的信息工程学。

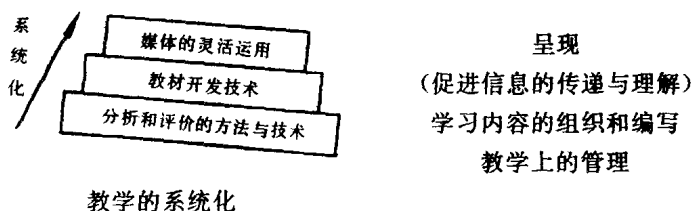


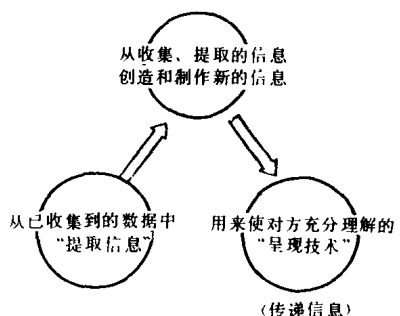
图 1. 2 教育信息系统的建构

在教学活动的三个阶段中，分析和评价的功能是管理教学活动的基础，是系统的关键要素。教学系统必须构造成具有如图 1. 2 所示的关联结构。对照熟练教师的教学技巧，就能容易地理解这个模型。熟练教师具有良好的分析能力和评价能力。由于具有出色的分析能力，因此能够准确地把握实际情况。熟练教师的教材分析能力也很强。因此，具有编写适合需要的教材的能力。总之，教学活动就是教师以分析能力、评价能力和教材开发能力为基础，施展优秀的呈现技术，巧妙地反馈信息，从而激发学生的学习动机的过程。

为了更好地发挥该系统化的教学模型的作用，姑且不论与教育学和心理学相关的软技术，还要开发前文所述的教育信息的制作、存储和处理这一类型的技术，并使之系统化。所谓信息制作型技术（如图 1. 3）就是分析数据，提取、解释和理解

信息，表达概念创造新信息，表示和传递新创造的信息等的信息技术。要以教育学和心理学的知识为软技术，开发可以传承的实用的方法和技术。

教育信息工程学是这样一门学科，它确立上述这类课题的方法论，研究教师为更好地完成教学活动应当如何处理教育信息，开发有关分析、编辑、创造、传递和理解教育信息的具体方法和技术。



- 提取、理解信息
选择、分类、提取、理解、归纳、洞察与系统化
- 创造、构想出新信息
发现问题
思考、解决、规划、计划→有机地构想
设想、设计、制定战略、提出纲要→从结构上系统地把握

传递信息（呈现）

表征、解释、传递设想

引起兴趣、使之理解、达成共识

图 1.3 教育信息制作型技术

§ 1. 3 教育信息工程学的方法

教育信息工程学是教育方法的信息工程学。搞好教学活是是人们孜孜以求的目标。工程学重视实用，却并非仅是具体使用方法的堆积。工程学重视发现问题、解决问题，或用于达到目标的具有普遍性的方法论，进而以该方法论为基础探讨具体的方法和技术。

教育信息工程学的研究，必须重视有关于教育方法的基本观点、思想和理论与具体的教育实践活动之间的联系。这与临

床医学的研究重视基础研究与临床实践之间的联系是一样的。从教育实践的临床事例中找出课题（发掘潜在需求），联系教育学和心理学的基礎研究与临床教育实践，研究开发作为软技术的心理技术。就是说，使基础研究与教育实践活动相结合，探求训练教师专业教学技能的方法论以及具体的方法和技术（图 1.4）。

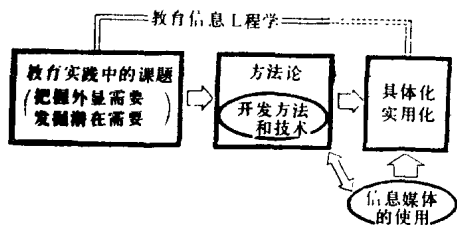


图 1.4 教育信息工程学的方法

特别是关于利用计算机进行教育的方法，其重要的研究主题是探求协调人的能力（直观、经验、主观认识、综合判断和洞察能力）与计算机的信息处理能力之间的关系的方法论。在研究过程中，必须考虑人和计算机之间的关系。

因此，教育信息工程学必须作为人类学来研究。

可是问题在于研究人员的态度。正如研究临床医学的人员，在进行研究之前，首先必须成为能设身处地为患者着想的医生一样，教育信息工程学研究人员也必须首先深入教师和学生之中，探究联系基础研究和教育实践的方法和技术。只考虑技术的用法，为技术而技术，是不会对教育有好处的。

§ 1.4 追求“改善现状”

在日常的教学中，也就是达到教育目标的过程中，工程学中的最优化方法果真能适用吗？在教育系统中，能不能和在工厂生产管理、道路交通管理，或房屋温度调控等系统中一样运用最优化方法呢？对教育系统来说，要应用最优化方法，除了特殊的限制以外，还受以下几个方面制约（藤田，1975）：

- ① 不能定量描述目标和输出；

- ② 无法得到表征系统的“良好状态”的客观指标;
- ③ 教学方法与效果之间的关系模糊;
- ④ 从而, 评价函数不明确;
- ⑤ 学生的情况在不断变化 (不断地学习, 不断地成长和发展), 是一个开放系统。

教育是有意识地使学生达到一定教育目标的活动过程, 是随着学生的成长、变化而不断变化的开放系统。根据上述理由, 在这样的开放系统中, 工程学中的最优化方法是不适用的。而具有现实意义的方法是不断“改善现状”。如果采用“改善”这一方法, 那么方法论也就可以具体化, 可以想方设法修改现有的方法, 使之适用于教育系统。

§ 1.5 主观性和客观性的协调

(1) 客观化及其注意事项 工程学的方法必须建立在牢固的方法论基础上才能成立, 而且要具有实用性和在明确的适用条件之下的普遍性。为了使其具有普遍性, 必须客观地描述和表现其方法和技巧, 而且要有理论性。

除上述条件之外, 在实证地综合实践结果之时, 很多场合要求客观化的定量描述。但是, 在电气工程学、机械工程学等工程学和物理学、化学等自然科学中所能见到的那种客观性和定量描述及处理, 我们不要奢望在教育的工程学中见到。

对于教育, 越要提高客观性, 可操作的范围可能就越小。即过分的数量化、客观化, 很可能会丢失大量有价值的信息, 而仅能把握事物的极小一部分的某一个侧面 (过分数量化造成的信息损失)。

分析是客观化的典型方法之一, 而这里也常常有过分追求客观化的问题, 过分地细分对象, 往往会导致不能得到应该可以提取的信息 (过分明细化造成的信息损失)。这意味着分析得越细致就越把握不到整体。换句话说, 它很可能导致“只见树