

孟庆春 著

基于对偶理论的 调控机制研究

Jiyu Duiou Lilun De
Tiaokong Jizhi Yanjiu

山东大学出版社

山东大学人文社会科学青年成长基金项目

基于对偶理论的 调控机制研究

孟庆春 著

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于对偶理论的调控机制研究/孟庆春著. —济南:
山东大学出版社, 2006. 9
ISBN 7-5607-3287-9

I. 基...

II. 孟...

III. 对偶控制—经济控制论

IV. F224. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 134860 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

济南景升印业有限公司印刷

850×1168 毫米 1/32 6 印张 150 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

定价:16.00 元

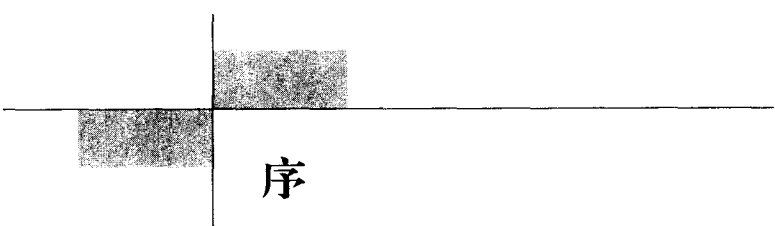
版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换



孟庆春 1973年
10月生，山东济
阳人，理学博士，
应用经济学博士
后(在站)，现为
山东大学管理学
院副教授，中国
管理科学研究院
特约研究员。

目前主要从事经济管理、物流管
理等方面的教学和研究工作，先后在
《中国管理科学》、《经济数学》、
《山东大学学报》(理学版、哲社版)
等期刊上发表论文二十多篇，现主持
山东省社科规划项目和山东省软科学
项目各一项，参加国家和省部级课题
多项。



序

宏观经济调控在国民经济发展中起着重要的作用,如何揭示和认识政府在市场中的调控作用和机理将是一件有意义的事。孟庆春博士撰写的《基于对偶理论的调控机制研究》一书,利用了对偶理论和方法,深入系统地揭示了政府在市场中的调控作用机理,并给出具体的操控方法,很有特色。

对偶性概念在客观世界中普遍存在着,它揭示了客观事物间的某些对应性与和谐关系,例如生产函数与成本函数、效应函数与支出函数等,它们之间都存在着对偶关系。然而,经济学中对偶性的应用目前基本上还囿于微观经济领域,而且显得比较零散也不够系统。为此,孟庆春博士基于对数学规划中对偶理论的深刻理解,在前人工作的基础上,深入系统地探讨了对偶理论在宏观经济调控机制分析中的应用,同时也特别注重了这种宏观分析所赖以存在的微观基础。如书中不仅研究了国民经济中政府行为与厂商行为以及政府行为与消费者行为之间的对偶性,并且还给出了政府、厂商、消费者三者统一在一起的调控模型和求解算法,确

实难得,很有见地。

我相信,该书的出版将为宏观经济调控提供新的理论支撑和行之有效的操控方法。愿该书早日与读者见面。

刘家壮

2006年8月于北京

目 录

第 1 章 导 论	(1)
§ 1.1 关于对偶的概念	(1)
1.1.1 不同学科范畴中的对偶概念	(1)
1.1.2 关于对偶的一般性概念	(4)
§ 1.2 经济学中对偶理论概述	(5)
1.2.1 20 世纪 80 年代以前对偶理论的发展概况	(5)
1.2.2 20 世纪 80 年代以后对偶理论的新发展	(6)
§ 1.3 规划论中的对偶理论及其哲学基础	(7)
1.3.1 规划论中的对偶理论	(7)
1.3.2 对偶理论的哲学基础	(10)
§ 1.4 两种不同对偶理论的经济背景对比分析	(11)
1.4.1 经济学中对偶理论的含义分析	(11)
1.4.2 规划论中对偶理论的经济含义分析	(13)
1.4.3 两种不同对偶理论经济含义的差异性	(16)
§ 1.5 基于对偶理论的调控分析新框架	(17)
1.5.1 宏观调控的含义及必要性	(17)
1.5.2 宏观调控的理论基础——经典的 IS—LM	

模型	(18)
1.5.3 IS—LM 模型分析的缺陷	(20)
1.5.4 基于对偶理论的宏观调控分析新框架	(21)
第 2 章 基于“政府—厂商”行为的调控机制研究	(24)
§ 2.1 考虑“政府—厂商”行为的宏观优化模型	(25)
2.1.1 国民经济系统行为描述	(25)
2.1.2 宏观产出模型	(28)
2.1.3 宏观资源消耗模型	(31)
2.1.4 结 论	(36)
2.1.5 关于模型的求解	(41)
§ 2.2 宏观产出最大化和厂商利润最大化的关系	(41)
2.2.1 厂商优化模型	(42)
2.2.2 政府目标与厂商目标的一致性	(44)
§ 2.3 简化的宏观优化模型的比较静态分析	(49)
2.3.1 简化的宏观经济模型	(50)
2.3.2 基本矩阵方程	(52)
2.3.3 关于基本矩阵方程的初步分析	(58)
§ 2.4 考虑两个新的需求函数时的宏观优化模型	(62)
2.4.1 需求函数为凸函数时的宏观优化模型	(63)
2.4.2 需求函数为价格交叉线性函数时的宏观优化模型	(66)
2.4.3 关于宏观模型的讨论	(70)
2.4.4 模型的求解	(71)
§ 2.5 关于完全垄断市场的调控机制	(72)
2.5.1 关于完全垄断市场	(72)
2.5.2 完全垄断厂商的凸二次优化模型	(72)
2.5.3 关于国民经济的凸二次宏观优化模型	(75)

2.5.4 国民经济最优状态的实现·····	(78)
第3章 基于“政府—消费者”行为的调控机制研究 ·····	(80)
§ 3.1 考虑“政府—消费者”行为的宏观优化模型·····	(81)
3.1.1 经济系统行为描述·····	(81)
3.1.2 社会福利最大化优化模型·····	(82)
3.1.3 资源消耗最小化优化模型·····	(84)
3.1.4 主要结果·····	(88)
3.1.5 关于模型的几点解释及一个具体实例·····	(92)
§ 3.2 社会福利最大化和消费者效用最大化的关系·····	(95)
3.2.1 消费者追求效用最大化的优化模型·····	(96)
3.2.2 政府目标与消费者目标的一致性·····	(98)
§ 3.3 考虑货币测度社会福利函数的宏观优化模型·····	(103)
3.3.1 宏观优化模型·····	(103)
3.3.2 关于两个模型关系的讨论·····	(110)
第4章 基于“政府—厂商—消费者”行为的调控机制研究 ·····	(112)
§ 4.1 同时考虑“政府—厂商—消费者”行为的宏观优化模型·····	(113)
4.1.1 宏观优化模型的建立·····	(113)
4.1.2 基本结论·····	(121)
§ 4.2 经济系统的一般均衡实现分析·····	(126)
4.2.1 厂商与消费者的微观优化模型·····	(126)
4.2.2 政府目标与两类微观主体目标的一致性·····	(128)
第5章 基于双层规划的调控机制研究 ·····	(134)
§ 5.1 双层规划模型简介·····	(135)

5.1.1	关于递阶优化决策问题 ^[140]	(135)
5.1.2	双层规划模型的描述	(136)
5.1.3	双层规划模型的特点 ^[140-141]	(137)
§ 5.2	基于双层规划的宏观调控模型	(138)
5.2.1	模型行为描述	(138)
5.2.2	模型的构建	(140)
§ 5.3	模型的求解与几个尚待研究的问题	(145)
5.3.1	模型的求解	(145)
5.3.2	尚待继续研究的几个问题	(148)
附 录		(150)
	不同目标条件下的企业最优行为分析	(150)
	开放条件下国企改革中国有股份最优比重问题研究	(160)
参考文献		(171)
后 记		(184)

第1章

导 论

本章作为全文的导论部分,主要是在对研究的基本背景、意义和动机加以分析的基础上,提出本文所要研究的核心问题,指出本文所运用的基本方法论和研究方法,并对研究的整体内容和安排作出概要性的介绍。

本章共分五节:第一节在考察几个具体学科中对偶性概念的基础上,给出了对偶的一般性概念;第二节就对偶理论在经济学中的应用进行了综述,指出它是现代公共经济学研究中一个必不可少的工具;第三节给出了规划论中的对偶理论并阐明了其赖以存在的哲学基础;第四节就经济学中和规划论中的对偶理论进行了对比分析,指出了其异同点;第五节有别于经典的 IS—LM 模型,建立了一个基于对偶理论的宏观调控机制分析的新框架,并指出本书的写作思路和内容结构。

§ 1.1 关于对偶的概念

1.1.1 不同学科范畴中的对偶概念

对偶(duality)概念在客观世界中普遍存在着,在许多学科领

域中都有所体现和反映,下面介绍几种不同学科范畴中的对偶概念。

1. 修辞学中的对偶概念

在修辞学中,把结构相同或基本相同、字数相等、意义上密切相连的两个短语或句子,对称地排列,这样的辞格叫做对偶^[1]。对偶概念的产生,在客观的因素上,是由于自然界的对称;在主观的因素上,则是源自于心理上的“联想作用”与美感上的“平衡”与“匀称”的原理。这种对称的语言方式,形成表达形式上的整齐和谐和内容上的相互映衬,具有独特的艺术效果。

作为修辞方法的对偶,常常被广泛用于各种文体,其中古代散文和古体诗歌运用尤其频繁。它整饬了语言,增强了语势,而且两个偶句互为补充、相互映衬,使语言颇具形式美和表现力。

2. 范畴论中的对偶概念

任何范畴 C 可以在另一种看法下成为一个新的范畴:它具有相同的对象,然而所有映射都是反方向的,称此为对偶或者反范畴,记作 C^{op} (其中, op 来自英文的 *opposite*)^[2]。

设 M 是一个范畴,存在对偶范畴 M° ,它们所含的对象类是相同的。为了区别,若 $A \in \text{ob}M$,则在 M° 中记 A 为 A° 。 M° 中 A° 到 B° 的态射集 $\text{Hom}(A^{\circ}, B^{\circ})$ 是 M 中 B 到 A 的态射集 $\text{Hom}(B, A)$ 。 M 中的态射的合成 Ψ_{φ} 在 M_0 中成为 $(\Psi_{\varphi})^{\circ} = \varphi^{\circ} \Psi^{\circ}$ 。

在范畴 M 与 M° 之间存在对偶函子 $D, D(A) = A^{\circ}, D(\varphi) = \Psi^{\circ}, D(\Psi_{\varphi}) = \varphi^{\circ} \Psi^{\circ}$ 。对偶函子是 M 到 M° 的逆变函子。对 M° 用对偶函子作用 $D(A^{\circ}) = (A^{\circ})^{\circ} = A, D(\varphi^{\circ}) = (\varphi^{\circ})^{\circ} = \varphi, D(\varphi^{\circ} \Psi^{\circ}) = D((\Psi_{\varphi})^{\circ}) = \Psi_{\varphi}$ 。因此, $(M^{\circ})^{\circ} = M$ 。

对于范畴 M 中的一条关于对象与态射的性质 S ,用对偶函子作用,例如, S 中涉及的对象 A 换成 $D(A)$,态射 φ 换成 $D(\varphi)$,即在对象和态射的右上角加“ $\circ$ ”,得到 $A^{\circ}, \varphi^{\circ}$ 。这样得到的 S° 是 M 中的一条性质。如果 S 在 M° 中成立,则 S° 也在 $(M^{\circ})^{\circ} = M$ 中成

立。因此,只要知道 S 在 M 与 M^0 中都成立,则 S^0 在 M 中必然成立。 S 和 S^0 是一对互相对偶的定理,这样一来, S^0 的正确性不必再去证明。这就是范畴论中的对偶原理^[3]。这一对偶性原理在范畴论的任何层次都是普适的,由于它经常不是很清晰,对偶性的应用可以揭示惊人的关联性。

3. 物理学中的对偶概念

在物理学中也存在着非常重要的“对偶”。这些对偶,泛泛地来讲,产生于一个量子理论被看成一个经典理论时有两种不同的实现。一个简单的例子是经典力学中的位置和动量的对偶。这样由对偶空间代替了原空间,并且在线性理论中,对偶就是 Fourier 变换。但是在非线性理论中,如何来代替 Fourier 变换是所面临的巨大挑战之一(实际上,数学的大部分都与如何在非线性情形下推广对偶有关)^[4]。

物理学家看起来能够在他们的弦理论和 M -理论中以一种非同寻常的方式做到了这一点。他们构造了一个又一个令人叹为观止的对偶实例(如超弦理论中的 T 对偶性、 S 对偶性以及弦-弦对偶性,等等),在某种广义的意义下,它们是 Fourier 变换的无穷维非线性体现,并且预计它们能解决问题,然而理解这些非线性对偶性也是 21 世纪面临的巨大挑战之一。

除此之外,对偶还是一种重要的探索性发现方法。如,20 世纪 80 年代以后,随着纤维光学的进展,在对光的传输和发射研究中,光的量子特性迫使人们不得不对光线力学以及波动力学加以改造。理论的进展仍然是从哈密顿原理所隐含的对偶性出发的。对偶性启示人们,不仅应对光线力学中的“光线”概念加以改造,使其具有波粒二象性,还应赋予波动力学中的“纯波动”以粒子性特征,最终产生了一门新型的学科——量子光线力学^[5]。

1.1.2 关于对偶的一般性概念

鉴于对偶性概念的普遍存在性,一些学者对不同领域内的对偶进行了深入研究,其中影响较大的当属中国科学院声学研究所黄曾阳先生提出的对偶性概念理论^[6]。他特别区分了两种对偶性概念:黑格尔式对偶与非黑格尔式对偶(分别简称为黑氏对偶与非黑氏对偶)。黄曾阳先生提出的关于对偶性概念的理论,是对客观世界对偶性概念多样性的全面描述^[7]。

所谓黑氏对偶是指符合黑格尔辩证逻辑理论模式的对偶^[8]。黑格尔认为,“思想永远遵照这一模式:一开始提出肯定的命题,然后,立即用反命题否定它,随后,更深的思想产生综合”^[9]。在黑格尔看来,“逻辑学实际上与形而上学是同义词。……范畴是通过正、反、合的辩证进程从相互关系中编制出来的”^[10]。按照黑格尔的说法,任何范畴都有正、反、合三个方面,把合乎这一性质的事物各方称为黑格尔式对偶。

黑氏对偶的普遍存在,容易使人们产生错觉:任何事物和现象都套用对立统一。然而,在 HNC 语言概念空间中,还存在相当数量的对偶,它们不属于黑氏对偶的范畴,称它们为非黑氏对偶(即非黑格尔式对偶)^[8]。

事实上,如上所述,存在着大量非黑氏对偶。如:左手、右手。它不存在对立统一方,双方仅仅是对称。基于这种情况,从 HNC 知识表示的角度,对大量存在的非黑氏对偶进行了研究,得出了十二种非黑氏对偶(e_{km} 和 e_{kn} 用于非黑氏对偶性概念的表示,所谓非黑氏对偶,包括以下三种情况:不存在对立统一体;不是双重对偶,而是三重对偶,不存在对立统一体;存在对立统一体并且是三重对偶)。

对偶性概念揭示了概念间关系纷繁复杂的多样性,对偶性概念的基本特性不是黑格尔式的对立统一及转化概念所能完全概括

的。许多对立概念不存在对立统一或转化,许多对偶不是双重对偶而是三重对偶,用黑氏对偶和非黑氏对偶的术语加以区别,黑氏对偶专用于描述双重对立且存在对立统一体的对偶概念,此外都纳入非黑氏对偶^[7]。

§ 1.2 经济学中对偶理论概述

1932年,Hotelling将对偶理论(duality theory)引入了经济学中,他指出:就像我们有一个关于消费数量的效用函数(其微商是价格)一样,对偶地就存在一个关于价格的函数,其微商是消费的数量^[11]。Hotelling所讲的对偶是一个逻辑上的概念,其含义为以某些相互关系为特征的两个逻辑系统的存在性,对偶系统的本质即是一个逻辑系统的概念与另一个逻辑系统概念之间的对应性^[12]。下面对经济学中的对偶理论作一综述。

1.2.1 20世纪80年代以前对偶理论的发展概况

自 Hotelling 将对偶理论引入经济学中之后,到 20 世纪 80 年代初期,经过 Hotelling, Roy, Shephard, McKenzie, Samuelson, Uzawa, Chipman, Diewert, Fuss 和 McFadden 等人的努力,对偶理论在经济学的许多方面特别是微观经济学的两个主要研究领域——生产者理论和消费者理论中已形成了较为成熟的应用,并由此更是得到了一些较为深刻的结果^[13~14]。

这一时期的主要工作包括:Hotelling 在文献[15]中指出了利润最大化的需求函数可由利润函数求导得到,并给出了 Hotelling 对称条件(Hotellings' symmetry conditions);继 Hotelling 之后,对对偶理论作出重要贡献的另一人是 Roy,他在文献[16]中通过定义间接效用函数得到了著名的罗伊恒等式(Roy's Identity),并在文献[17]中给出了罗伊恒等式的另外一种等价形式;Hotelling

和 Roy 等人的工作引起了其他经济学家的浓厚兴趣,在生产函数是连续的、不减的、拟凹的条件下,Shephard^[18~19], Samuelson^[20], McKenzie^[21], Uzawa^[22]等讨论了相应的成本函数所具有的性质,并由 Shephard^[18]首次严格证明了生产函数与成本函数之间的对偶性,这是一个非常重要的结果;随后,在不同的正则条件(regularity conditions)下, Chipman^[23], Samuelson^[24], McFadden^[25~26], Hanoch^[27], Blackorby, Primont, Russell^[28]等人给出了生产函数与成本函数之间、生产函数与间接生产函数之间以及成本函数与距离函数之间的许多对偶性定理;利用这些重要的对偶性定理,McFadden^[26], Lau^[29], Diewert 与 Woolland^[30]等对成本函数、生产函数、利润函数, McKenzie^[21], Diewert^[31], Blackorby, Primont 与 Russell^[28]等对需求函数、支出函数、间接效用函数、消费偏好估计进行了深入分析,得到了许多较好的结果;不仅如此, Appelbaum^[32], Schworm^[33], Mirrlees^[34], Epstein^[35]等还将对偶理论分别应用于非完全竞争市场、贸易理论、投资理论、最优税收理论、连续时间最优化问题等领域进行实证分析,也得到了较理想的效果。

1.2.2 20 世纪 80 年代以后对偶理论的新发展

20 世纪 80 年代以后,对偶理论在经济学中的应用则转到了微观计量经济学分析方面,这一时期的主要工作包括:

Pope^[36], Pope, Chavas^[37], Pope, Just^[38~39], Chambers, Quiggin^[40]等讨论了随机技术条件下成本函数的对偶性质及其应用; Chavas, Pope^[41], Pope^[42], Coyle^[43~44]等对随机生产函数的对偶性质进行了深入研究; Yassour, Zilberman, Rausser^[45], Antle^[46], Nelson, Prechel^[47], Love, Buccola^[48], Saha, Shumway, Talpaz^[49], Saha, Havenner, Talpaz^[50]等则应用各种方法对随机生产函数和风险偏好进行了估计;与此同时,对偶模型还被广泛应用于各个领

域特别是农业生产中并取得了显著成绩^[51~54]。正由于对偶分析不仅有着重要的理论价值,而且对计量经济学分析也大有裨益,从而使其成为当前现代公共经济学研究中一个必不可少的工具^[55]。

在此需要特别指出的是:2000年的诺贝尔经济学奖授予了因在微观计量经济学领域做出杰出贡献的两位美国经济学家 James J. Heckman 教授和 Daniel McFadden 教授,而其中的 Daniel McFadden 教授获奖的三项工作之一就是由于其在 20 世纪 60 年代末 70 年代初用对偶方法对成本、收益和利润函数进行了分析并在生产理论方面取得了巨大成功(另外两项工作是离散选择分析和环境资源的评价)^[56],由此我们也可以看出对偶理论在经济分析方面的极端重要性。

§ 1.3 规划论中的对偶理论及其哲学基础

1.3.1 规划论中的对偶理论

1. 对偶理论及其表述

数学规划(mathematical programming)是现代数学的一个重要分支,它所涉及的基本问题是在一些约束条件下求函数最大值(最小值)的问题。数学规划所包含的内容是十分丰富和广泛的,从最初的线性规划(linear programming)直到今天的非线性规划(nonlinear programming)、整数规划(integer programming)、分式规划(fractional programming)、随机规划(random programming)、模糊规划(fuzzy programming)、多层规划(hierarchical programming)、交叉规划(interaction programming)等等,已发展成为一个较为完整的学科体系。

因为最优化的根本目标是研究求解所探讨问题的有效的计算方法,又由于对偶理论不仅可以用于研究终止准则,而且也可用以