

# 10~12岁儿童在平衡秤任务上的规则使用及其复杂性<sup>\*</sup>

辛自强 张丽 林崇德<sup>\*\*</sup>

(北京师范大学发展心理研究所, 北京, 100875)

**摘 要** 以256名10~12岁儿童为被试, 采取规则评估方法探讨了儿童在平衡秤任务上的规则使用类型及其年龄特点, 并尝试使用认知复杂性和控制理论对此加以分析和解释。结果表明: (1) 除了Siegler所谓的四种规则和补偿规则以外, 儿童还使用了规则IIIA和距离规则, 其中规则IIIA并不特指单一的规则, 而是代表儿童在掌握了规则III之后向更高级的规则IV发展的不稳定期和过渡期; (2) 10~12岁儿童中使用规则III的人数显著多于使用补偿规则的人数, 对此认知复杂性和控制理论能够提供较好的解释; (3) 规则I仍是10~12岁儿童使用的主要规则, 并非Siegler认为的主要是4、5岁儿童使用此规则。

**关键词:** 平衡秤任务 认知复杂性和控制理论 规则评估方法

## 1 问题提出

平衡秤任务即在平衡秤两侧将不同重量的物体放在距支点不同距离的柱子上, 要求儿童判断平衡秤的哪一端会下沉。作为经典的皮亚杰任务, 以往有大量研究对儿童在平衡秤任务上的表现进行了探讨<sup>[1-6]</sup>。其中, Siegler对不同年龄儿童在平衡秤任务上规则使用的研究在该领域的影响非常大<sup>[7, 8]</sup>。

具体来讲, Siegler<sup>[7, 8]</sup>认为儿童的决策是以规则为基础的, 其使用的规则依次有四种: 仅依据两侧的重量大小确定平衡秤的状况, 称为规则I, 部分4岁儿童和多数5岁儿童使用此规则; 当平衡秤两侧的重量相等时, 依据距离大小确定平衡秤的状况, 距离不等时仍根据重量来判断, 称为规则II, 8、9岁的儿童多数使用此规则; 重量和距离两个维度都考虑到了, 但是当一侧的重量较大, 而另一侧的距离较远时, 不知如何确定平衡秤的状况, 称为规则III, 12、13岁的多数儿童使用此规则; 将每侧的距离和重量相乘, 然后比较两个乘积的大小, 称为规则IV, 此规则是最高级的, 需经过学习获得, 即使是成人也并不经常使用。这些规则是从低级到高级发展的, 复杂性水平不断提高。Siegler的观点提出后, 关于儿童在平衡秤任务上使用的规则种类以及年龄特征引发了很多研究者的兴趣。

首先, 很多研究者发现除Siegler提出的四种规则外, 儿童还使用补偿规则、加法规则、运货车规则等<sup>[1, 2, 9-11]</sup>。对这三种规则的仔细分析可以发现, 它们实质都体现了儿童在处理一侧重量较大而另一侧距离较远的冲突任务时, 使用了重量和距离两个维度互相补偿的思想来解决平衡秤任务, 因此我们仅以补偿规则来代表这些规则。补偿规则指比较平

衡秤两侧的距离大小差和重量大小差, 如果距离差大于重量差, 则根据距离判断平衡秤的倾斜情况, 距离支点远的一侧向下倾斜, 否则如果距离差小于重量差, 则根据重量判断平衡秤的倾斜情况。此外, 有研究者发现儿童也使用其他规则, 如规则IIIA以及质性比例规则<sup>[9]</sup>。例如, 规则IIIA指儿童对一侧距离远另一侧重量大的任务凭感觉来判断, 在一些任务上觉得距离重要一些, 而在另一些任务上则认为重量更重要一些。Jansen和van der Maas使用高级统计技术对儿童规则的研究发现, 有被试使用了SDD规则和距离优势规则<sup>[11]</sup>。可以看出, 以往研究发现的儿童在平衡秤任务上使用的规则种类是非常多的但不同研究者发现的规则种类是不同的。基于此, 本研究拟对儿童在平衡秤任务上的规则使用类型进行探讨, 考察除了Siegler提出的四种规则和补偿规则外, 是否还存在其他诸多规则。与以往研究不同, 为了对儿童使用的规则进行更准确的评估, 我们设计的任务类型较多, 主要是对以往研究使用的任务进行了更精细的区分。

其次, 关于平衡秤任务上儿童规则使用的年龄特征, 以往研究存在一些争议。比如, 关于开始使用规则I的年龄, Halford的研究表明, 2岁儿童已能够使用该规则解决距离相等重量不等的平衡秤任务, 而且进行学习后能够解决重量相等距离不等的平衡秤任务<sup>[12]</sup>。Case认为<sup>[13]</sup> 5、6岁的儿童能够根据重量判断平衡秤的状况, 7、8岁的儿童开始注意到重量和距离两个维度, 这些和Siegler<sup>[7, 8]</sup>的观点基本一致。不同的是, Case认为9~11岁的儿童可以使用补偿规则解决平衡秤任务。Marini的研究也支持了Case的观点(转引自Case, 1985)<sup>[14]</sup>。可见, Case和Marini认为儿童能够使用规则II之后进入的下一阶

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目(30500162)。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者: 林崇德, E-mail: linchongde@263.net

段就是使用补偿规则;而 Siegler<sup>[7,8]</sup>则认为儿童能够使用规则 II 之后,会经历一个困惑阶段,即使用规则 II 的阶段,不知如何解决平衡秤任务,此阶段经历后儿童经过学习获得规则 IV。针对上述关于 10~12 岁儿童使用的主要规则的争议,本研究也拟对 10~12 岁儿童在平衡秤任务上规则使用的年龄特征进行探讨。

通常,随着年龄增长,儿童使用的规则会越来越复杂。但如何评价规则系统的复杂性呢?10~12 岁的儿童在平衡秤任务上使用规则的复杂程度如何呢?Siegler 虽然提到不同规则的复杂性是不同的,但没有明确指出评估规则复杂性的方法,而近年来 Zelazo 等提出的认知复杂性和控制理论则为评估规则的复杂性提供了可能<sup>[15,16]</sup>。该理论认为问题解决过程中儿童使用的规则系统的复杂性主要体现在规则嵌套层次的复杂性。通常,规则可以用产生式系统来刻画,产生式系统“IF...IF...THEN”结构就比“IF...THEN”结构多一层嵌套关系,前者的嵌套关系为一层,而后者没有嵌套关系。目前该理论主要被用于分析和解释幼儿在卡片分类任务和错误信念任务上的表现,对其他年龄段的儿童以及其他任务上是否也可以使用该理论进行分析和解释则很少探讨。基于此,本研究尝试用该理论来分析年龄较大的儿童在复杂任务即平衡秤任务上使用的不同规则的复杂性,并为儿童在平衡秤任务上规则使用的年龄特点提供解释。

## 2 研究方法

### 2.1 被试

从北京某小学四至六年级整班选取 256 名儿童作为被试。其中四年级三个班 115 人,男生 63 名,女生 52 名,平均年龄 10.4 岁。五年级三个班 89 人,男生 46 名,女生 43 名,平均年龄 11.5 岁。六年级两个班 52 名,男生 35 名,女生 17 名,平均年龄 12.3 岁。

### 2.2 研究材料

实验采取自编的计算机程序呈现平衡秤任务,任务改编自 Siegler<sup>[7]</sup>和 Jansen 和 van der Maas<sup>[11]</sup>。在他们所设计的六类问题基础上,去掉了平衡秤两侧重量和距离均相等的平衡问题,增加了重量距离问题,并对其中的冲突重量问题、冲突距离问题和冲突平衡问题进行了细分。每类问题的题目特点和实例见表 1。其中,前三类问题不涉及重量和距离两个维度的冲突和协调,称为简单问题;而后六类问题均为一侧重量大,另一侧距离远,涉及两个维度的冲突和协调,称为冲突问题。冲突重量问题和冲突距离

问题均有 A、B 两类,其区别在于 A 类问题使用补偿策略不能正确解决,使用补偿策略解决这两类问题会得到平衡秤处于平衡状态的错误结论,而 B 类问题使用补偿策略可以正确解决。对于冲突平衡问题,也区分了 A、B 两类,但与冲突重量问题和冲突距离问题相反, A 类问题使用补偿策略能够得到正确答案,而 B 类问题使用补偿策略得到的是错误答案。之所以对冲突问题区分 A、B 两种,主要是为了更好地对儿童的规则尤其是补偿规则的使用进行评估。

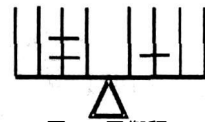


图 1 平衡秤

平衡秤任务采取图片呈现方式。如图 1 所示,平衡板上面有 8 个小柱子,每个小柱子的重量及相邻小柱子的距离都相等。每根小柱子上都可以套重量相同的小铁圈,但最多只能套 6 个。图 1 中的平衡秤,左侧的第二根柱子上套有两个小铁圈,右侧第二根柱子上套有一个小铁圈,构成了一个项目。平衡秤任务共包括 51 个项目,除了冲突重量问题有 3 个项目外,其余八类问题均有 6 个项目。所有题目随机呈现。呈现时,用图片形式给儿童提供三个选项,即平衡秤右侧下沉、左侧下沉和处于平衡状态三种答案,儿童在认为正确的答案下方点击即可。

### 2.3 研究程序

使用学生的计算机课程上机时间在计算机网络教室进行团体施测。由心理学专业的研究生担任主试,实验前首先对主试进行培训,以统一指导语和一些意外情况的处理。具体施测时,主试先向儿童介绍平衡秤的构成情况,以便儿童熟悉任务情境。之后儿童进行三个项目的练习,以便熟悉任务的作答过程。最后,儿童进入正式的测验阶段,计算机自动记录呈现项目的编号、项目呈现至儿童作出选择的时间、儿童所选择的答案以及答案的正确与否。正确记为 1 分,错误记为 0 分。

### 2.4 数据分析

使用 Siegler 的规则评估方法对儿童的反应模式进行分析<sup>[7,8]</sup>。规则评估方法有两点需要强调:首先,只要被试能够正确回答某类问题的五个或五个以上项目(除冲突重量 A 问题以外),即正确率在 83% 以上,就认为该被试能够解决这类问题,同时也说明被试在某类问题上使用了规则。根据 Reese 的观点,在某类问题上有一致的行为就说明个体在使用某种规则<sup>[17]</sup>。而且本研究中所有题目均随机呈现,因此如果能正确回答某类问题的五个或五个以上项目,基本可说明儿童在使用某种规则解决这类

表 1 九类问题的题目特点和实例

九类问题	题目特点	实例			
		左边(重量 距离)		右边(重量 距离)	
重量问题	天平两侧的重物到支点的距离相等,但两侧的重物重量不等	2	3	5	3
距离问题	天平两侧的重物重量相等,但重物到支点的距离不等	3	2	3	1
重量距离问题	天平一侧的重量较大,同时离支点的距离较远	3	1	4	2
冲突重量问题 A	天平一侧的重物比较重,而另一侧的重物距支点的距离较远,最终物体较重的一侧向下倾斜	2	4	3	3
冲突距离问题 B	天平一侧的重物比较重,而另一侧的重物距支点的距离较远,最终距支点较远的一侧向下倾斜	4	2	1	3
冲突重量问题 A	天平一侧的重物比较重,而另一侧的重物距支点的距离较远,最终距支点较远的一侧向下倾斜	3	4	5	2
冲突重量问题 B	天平一侧的重物比较重,而另一侧的重物距支点的距离较远,最终距支点较远的一侧向下倾斜	3	2	2	4
冲突平衡问题 A	天平一侧的重物比较重,而另一侧的重物距支点的距离较远,但两侧的力矩相等,平衡秤保持平衡	1	4	4	1
冲突平衡问题 B	天平一侧的重物比较重,而另一侧的重物距支点的距离较远,但两侧的力矩相等,平衡秤保持平衡	2	2	1	4

问题。因冲突重量 A 问题总共只有三个项目,如果被试能够正确回答两个以及两个以上项目就认为其能够解决此类问题。其次,如果被试在九类题目上的实际反应模式符合表 2 中某种规则的反应模式,基本可断定该被试使用了这种规则。但此时仍需对被试的错误反应模式进行细致分析后再断定被试究

竟使用了何种规则。例如,使用规则 I 的被试不仅表现为能够正确回答五个或五个以上的重量问题、重量距离问题、冲突重量 A 和 B 问题,还表现为对距离问题的回答为“平衡秤保持平衡”,对冲突距离问题和冲突平衡问题的回答都是依据重量维度作出的答案。

表 2 预期使用不同规则的儿童在九类平衡秤任务上的正确率

问题类型	规则 I	规则 II	规则 III	规则 IV	补偿规则
重量问题	1	1	1	1	1
距离问题	0	1	1	1	1
重量距离问题	1	1	1	1	1
冲突重量 A 问题	1	1	0.33	1	0
冲突重量 B 问题	1	1	0.33	1	1
冲突距离 A 问题	0	0	0.33	1	0
冲突距离 B 问题	0	0	0.33	1	1
冲突平衡 A 问题	0	0	0.33	1	1
冲突平衡 B 问题	0	0	0.33	1	0

为了验证规则评估方法进行分类的合理性,使用聚类分析统计方法将儿童分成不同类别。聚类分析是根据个体在某个或多个变量上成绩的相似程度将个体进行分类的,具体到本研究是根据儿童在九类平衡秤任务上的正确率将儿童分类。使用规则评估方法和聚类分析分别对儿童进行分类后,本研究还使用对应分析统计技术考察了这两种方法对儿童进行分类的一致性。对应分析是用来描述两个或多个分类变量各水平间相关性的方法,它的分析结果主要采用反映变量间相互关系的对应分析图来表示,通过观察不同变量的分类点在图中的位置临近关系,就可了解变量间的联系。

3 研究结果

3.1 儿童在平衡秤任务上所使用的规则种类

使用规则评估方法对每个被试进行分析的结果表明:有 2 名儿童(四五年级各 1 名)在九类平衡秤任务上的正确率都在 83%以下,这意味着他们不能正确解决任何类问题,因此无从谈及使用的规则,这样本研究实质上只对剩余的 254 名被试进行了规

则评估。254 名被试中有 132(51.9%)名儿童使用了规则 I,36(14.2%)名儿童使用了规则 II,13(5.1%)名儿童使用了规则 III,1(0.4%)名儿童使用了规则 IV,1(0.4%)名儿童使用了补偿规则,剩余 71(30%)名儿童则无法归入 Siegler 提出的四种规则以及补偿规则。也就是说,除了补偿规则外,还有将近三分之一的被试无法归入 Siegler 提出的规则类别中,这意味着 Sigeler 提出的规则分类系统可能不够完善。

那么,除了 Siegler 的四种规则和补偿规则外,儿童是否还使用了其他规则?对上述剩余的 71 名儿童进行仔细分析可以发现,有儿童在使用另外两种规则:首先,有 37 名被试能正确解决重量问题、距离问题以及重量距离问题这些简单问题,同时能够正确解决某类或几类冲突问题。比如,有 9 名被试能正确回答冲突问题中的冲突距离 A 和冲突距离 B 问题、有 7 名被试能正确解决冲突问题中的冲突重量 B 问题、还有 7 名被试能正确解决冲突问题中的冲突距离 B 问题,等等。这些儿童能够正确回答简单问题,说明他们已能够考虑重量和距离两个维度;

同时他们能正确解决某类或几类冲突问题但不符合使用特定规则的模式, 说明儿童遇到冲突问题时不知如何对两个维度进行权衡, 这时有些儿童在部分冲突问题上偏向于根据重量维度作回答, 有些儿童在部分冲突问题上偏向于根据距离维度作回答, 还有些儿童在有些冲突问题上可能使用了补偿规则, 但他们的共同点是没有在所有冲突题目上坚持使用一种规则, 可以说这些儿童对冲突问题的解决处于规则使用的不稳定期、处于比较混乱的过渡期, 我们称这些儿童使用了规则 IIIA。之所以命名为规则 IIIA 是因为, 这些儿童能够正确解决简单问题, 这与使用规则 II 的儿童类似, 但他们对冲突问题的解决又不完全靠猜测, 因而其认知水平应该是高于使用规则 II 的儿童的认知水平, 同时低于使用规则 IV 的儿童的认知水平, 因为使用规则 IV 的儿童已明确知道如何权衡重量和距离两个维度。也就是说, 规则 IIIA 是处于规则 II 和规则 IV 之间的, 使用该规则的儿童正处于从规则 II 向规则 IV 发展的规则使用的不稳定期和过渡期。

表 3 实际使用不同规则的儿童在九类平衡秤任务上的正确率

问题类型	规则 I	规则 II	规则 III	规则 IV	补偿规则	规则 IIIA	距离规则	其他
重量问题	0.99	0.98	0.95	1.00	1.00	0.97	0.08	0.87
距离问题	0.13	0.94	0.92	1.00	1.00	0.97	0.08	0.64
重量距离问题	0.98	0.98	0.95	1.00	0.83	0.97	0.17	0.77
冲突重量 A 问题	0.98	0.86	0.41	1.00	0.00	0.24	0.17	0.50
冲突重量 B 问题	0.99	0.98	0.56	1.00	1.00	0.68	0.17	0.66
冲突距离 A 问题	0.02	0.09	0.31	1.00	0.00	0.49	1.00	0.32
冲突距离 B 问题	0.03	0.22	0.49	0.83	1.00	0.76	0.96	0.46
冲突平衡 A 问题	0.02	0.12	0.37	0.00	1.00	0.41	0.00	0.31
冲突平衡 B 问题	0.01	0.11	0.24	0.67	0.00	0.25	0.00	0.19

为了验证使用规则评估方法对儿童进行归类的结果的有效性, 使用了聚类分析和对应分析统计技术。聚类分析时, 去掉了使用规则 IV 的 1 名儿童和使用补偿规则的 1 名儿童, 因为这两名儿童的规则使用情况非常清楚且人数太少。同时也去掉了无法判定使用何种规则的 30 名儿童, 这些儿童在九类问题上的反应模式共有 17 种, 可谓过于丰富, 对其进行聚类分析很难有确切的心理学意义。在此基础上, 以儿童在平衡秤任务九类问题上的通过率为变量, 使用快速聚类分析方法对 254 名儿童中剩余的 222 名被试进行聚类。结果表明, 类别为 4、5、6、7 时, 数据都能很好地收敛, 而且儿童在九类问题上的正确率都在聚类中有显著贡献,  $p_s < 0.01$ 。为了与上述根据规则评估方法对被试进行分类的结果相一致, 我们选择了五类。进一步采取对应分析考察规则评估方法和聚类分析进行归类之间的一致性。结果如图 2 的对应分析图所示, 二维图形反映信息的 79% (即相关系数为 0.89), 说明对应分析图揭示的

其次, 71 名儿童中有 4 名儿童只能正确解决冲突距离 A 问题和冲突距离 B 问题, 其余问题上正确率多数为 0, 且最高不超过 50%。分析其错误模式发现, 这些儿童仅根据距离维度判断平衡秤的状况, 例如, 儿童对距离相等重量不等的重量问题中多数题目的回答为“平衡”, 因此可将这些儿童归为使用了“距离规则”。

最后, 71 名被试中剩余的 30 名被试反应模式共有 17 种, 与上述规则的反应模式均不相符, 无法判断其使用的具体规则, 归为“其他”类别。

概括起来, 除表 2 列举的五种反应模式, 还有三类: 首先, 使用规则 IIIA 的儿童能够正确解决简单问题, 同时他们对冲突问题的解决不完全靠猜测但也没有使用某种特定的规则, 这部分儿童占总人数的 14.6%。其次, 使用距离规则的儿童仅仅根据距离维度判断平衡秤的状况, 这部分儿童的人数占总人数的 1.6%; 最后, 无法判断使用何种规则的其他儿童, 其人数占总人数的 11.8%。使用上述八类规则的儿童实际在九类问题上的正确率见表 3。

结果具有较大的可靠性。可以看出两种方法进行归类的结果有较大的一致性, 规则 I、规则 II、规则 III、规则 IIIA 和距离规则分别对应类别 1、类别 3、类别 2、类别 4 和类别 5。在此基础上, 考察了规则评估方法和聚类分析进行归类结果之间的相关。结果表明, 两者相关极其显著,  $r = 0.89, p < 0.001$ 。这些结果说明使用规则评估方法对儿童的反应模式进行归类是比较合理的。

从图 2 中还可以看出, 规则 II 和规则 IIIA 的对应点非常接近, 从统计学角度来讲, 这两类似乎可以合并为一类, 但正如前述我们对规则 IIIA 的界定, 使用规则 IIIA 的儿童和使用规则 II 的儿童虽然反应模式上有些相似, 即都能解决简单问题, 但在冲突问题的解决上表现出的水平是不同的。使用规则 IIIA 的儿童能够使用某种规则解决部分冲突问题, 其规则的使用表现出某种不稳定性, 而使用规则 II 的儿童其问题解决完全保持在猜测水平, 相对来说具有一定的稳定性。因此从心理学角度来讲, 将这两者区

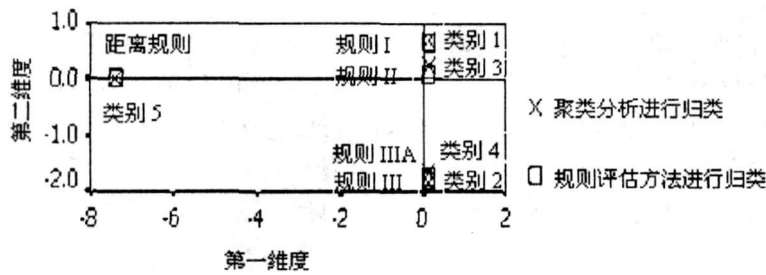


图 2 对应分析图

表 4 不同年级儿童的规则使用情况

年级	规则 I	规则 II	规则 III	规则 IIIA	补偿规则	规则 IV	距离规则	其他
四年级	56(49.1)	16(14.0)	6(5.3)	19(16.7)	0(0)	0(0)	2(1.8)	15(13.2)
五年级	58(65.9)	12(13.6)	5(5.7)	8(9.1)	0(0)	0(0)	0(0)	5(5.7)
六年级	18(34.6)	8(15.4)	2(3.8)	10(19.2)	1(1.9)	1(1.9)	2(3.8)	10(19.2)
总体	51.9%	14.2%	5.1%	14.6%	0.4%	0.4%	1.6%	11.8%

分开来应该是有意义的。

3.2 儿童在平衡秤任务上规则使用的年龄特点

不同年级儿童的规则使用情况如表 4 所示。因使用补偿规则、规则 IV、距离规则以及无法确定使用何种规则的其他被试人数相对较少,将每个年级这四个类别的数据进行合并,然后进行非参数检验。结果表明,不同年级儿童的规则使用情况存在很大差异,  $\chi^2=20.20, p<0.05$ 。从表 4 可以看出,总体上 10~12 岁儿童中规则 I 的使用人数最多,其次是规则 IIIA 和规则 II,然后是规则 II 和距离规则,最后是补偿规则和规则 IV。其中,使用规则 II 的人数要多于使用补偿规则的人数,这一定程度上支持了 Siegler<sup>[7,8]</sup> 的观点而不是 Case<sup>[13]</sup> 的观点,即 10~12 岁儿童有不少开始使用规则 II 而很少有儿童使用补偿规则;规则 I 仍是儿童使用的主要规则,具体到每个年级都是如此,这与 Siegler<sup>[7,8]</sup> 认为的主要是 4.5 岁儿童使用此规则有很大不同。

4 讨论

4.1 规则评估方法的可靠性

规则评估方法是 Siegler 用来探讨不同概念发展序列的研究方法<sup>[7,8]</sup>,主要依赖非言语的反应模式作为儿童知识的指标。Siegler 使用该方法对儿童在平衡秤任务、阴影投射任务、概率任务以及守恒任务上使用知识的研究表明,该方法能很好地揭示不同发展点儿童的知识内容并能够对不同任务上儿童的知识结构进行比较。

关于此方法对平衡秤任务上儿童使用规则进行分类的可靠性,以往有研究者曾提出质疑<sup>[1,2]</sup>。比如, Ferretti 等人认为<sup>[2]</sup>,儿童规则的分类与任务特点有很大关系,其研究结果发现儿童在较大力矩差异的项目上更容易使用高级的规则,称为“力矩差异

效应”。Jansen 和 van der Maas 的研究则表明这种效应只发生在有着极大力矩差异的项目上<sup>[2]</sup>。然而,力矩差异较大的项目可能会过高估计儿童的知识,因为这时儿童很可能靠知觉图式而不是系统的规则来解决平衡秤任务。本研究中,平衡秤两侧的重量最大为 6,距离最大为 4,而且所有项目平衡秤两侧的力矩差都在 5 以内,很大程度上防止了 Ferretti 所谓的“力矩差异效应”,同时也使得儿童要想在每类任务的所有项目上都作出正确回答的话必须靠系统的规则而不是靠知觉图式。

Wilkening 和 Anderson 也对规则评估方法提出了质疑<sup>[1]</sup>,他们认为规则评估方法中的二选一形式(即让儿童判断平衡秤是左边下沉还是右边下沉)可能会掩盖儿童真实的知识,对此本研究改为了三项选择。同时,对儿童的规则进行分类时还考虑了儿童的错误模式,即儿童在项目上的具体反应,从而增加了评估的可靠性。最后,本研究中为了确保规则评估方法的可靠性,与 Siegler 的研究相比增加了四种新的题目类型;统计上使用了聚类分析技术和对应分析技术对规则评估方法的可靠性进行了验证,结果显示聚类分析和规则评估方法对儿童进行归类的结果之间的相关为 0.89,两种结果中的类别基本对应,这说明基于规则评估方法的归类还是比较合理的。van der Maas 和 Jansen 也曾考察了聚类分析和规则评估方法对儿童进行归类的结果的一致性,结果表明两者相关为 0.85,可以说一致性较高<sup>[18]</sup>。综上,规则评估方法虽然会受题目特点的影响,但经过严密设计还是能够真实可靠地揭示儿童在使用何种规则,可以说这种方法对认知心理学中儿童规则使用的研究具有重要的方法学价值。

4.2 10~12 岁儿童规则使用的类型

关于 10~12 岁儿童所使用的规则,本研究发

除了 Siegler 提出的四种规则和补偿规则以外, 还有儿童使用了规则 IIIA 和距离规则。其中, 规则 IIIA 和 Normandeau, Larivée 等人发现的规则 IIIA 涵义基本相同<sup>[9]</sup>。需要强调的是, 规则 IIIA 并不指单一的规则, 而是代表儿童在掌握了规则 III 之后向更高级规则发展的过渡阶段。这里, 关于规则 II 和规则 IIIA 的关系, 我们与 Jansen, van der Maas 的观点不同<sup>[11]</sup>。Jansen 和 van der Maas 的研究也发现, 很多儿童能够正确解决简单问题, 但他们在冲突项目上的反应有很大不一致, 即没有在所有冲突项目上都表现出规则使用的一致性, 这些儿童正如本研究一样, 有些使用距离判断平衡秤的状况, 有些使用重量判断平衡秤的状况, 还有些使用了补偿规则。然而, 与我们的研究不同, 他们将这些儿童称为使用了规则 III。而我们认为, 这些儿童的水平是高于那些仅凭猜测做出回答的 Siegler 所谓的使用规则 II 的儿童, 而且很重要的一点是, 这些儿童的规则使用具有不一致性, 而使用规则 III 的儿童在所有冲突项目上都表现出了规则使用的一致性, 即凭借猜测作出回答, 因此不应将这些儿童归为使用了规则 III。

除了规则 IIIA, 本研究还发现有少数儿童仅仅根据距离判断平衡秤的状况, 我们称之为距离规则。Jansen 和 van der Maas 的研究也发现有这样的儿童, 虽然他们称为距离优势规则, 其实质和本研究中的距离规则含义相同。不过, 我们并没有发现 Jansen 和 van der Maas 所谓的 SDD 规则<sup>[11]</sup> 和 Normandeau, Larivée 所谓的质性比例规则<sup>[9]</sup>。这可能是本研究所选取的被试年龄段较小的原因, 但也可能反映了 SDD 规则和质性比例规则并不有普遍性。此问题还有待选取年龄范围更广的被试继续进行探讨。

#### 4.3 10~12 岁儿童规则使用的年龄特点及其理论分析

本研究表明, 使用规则 I、规则 II、规则 III、规则 IV、补偿规则、规则 IIIA、距离规则的人数比例分别为 51.9%、14.2%、5.1%、0.4%、0.4%、14.6%、1.6%。这种规则使用的年龄特点与规则复杂性大致有对应关系, 即容易的规则被更多使用。按照加拿大学者 Zelazo 新近提出的认知复杂性和控制理论<sup>[15, 16]</sup>, 我们可以确定规则 I、规则 II、规则 III 的嵌套层级分别应为无嵌套、一层和二层嵌套关系; 规则 IV 和补偿规则均有三层嵌套关系, 但规则 IV 的使用还需要具有一定的知识基础即力矩知识。具体讲, 规则 I 的产生式为“IF 两侧重量相等, THEN 平衡秤保持平衡; IF 重量不相等, THEN 重量大的一侧下沉”, 其中两个“IF...THEN”构成的仅是并列关

系, 而没有嵌套关系; 规则 II 的产生式为“IF 两侧的重量相等, IF 两侧距离也相等, THEN 距离远的一侧下沉; IF 两侧重量不相等, THEN 重量大的一侧下沉”, 其中“IF...THEN...THEN”结构包含一层嵌套关系; 规则 IV 的产生式与补偿规则类似, 只是当重量大的一端和距离远的一端不是同侧时, 使用规则 IV 的儿童根据两侧的力矩大小而不是两侧的重量差和距离差来判断平衡秤的状况。通常来讲, 复杂性较高的规则总是较难掌握, 而复杂性较低的规则容易掌握, 这可能就是为什么每个年级中都是规则 I 的使用人数最多, 其次是规则 II, 然后是规则 III, 最后是补偿规则和规则 IV 的主要原因。另一方面, 随着年龄增长, 越来越多的儿童能够使用复杂性较高的规则, 这可能正是本研究中规则 I 的使用人数在减少, 而规则 II、补偿规则以及规则 IV 的使用人数在增多的主要原因。

需要说明的是, 不仅要应用认知复杂性和控制理论来分析规则复杂性, 这种分析还需要考虑知识经验的作用。以本研究中距离规则为例, 它和规则 I 的复杂性相同, 均无嵌套关系, 其产生式为“IF 两侧的距离不相等, THEN 距离远的一侧下沉; IF 两侧距离相等, THEN 平衡秤保持平衡”。然而, 这两种规则的使用人数却有很大差异, 其主要原因就在于知识经验的作用。直观的知识经验中重量与平衡秤的平衡状况有更大的关系, 而距离维度则较难被儿童注意到。Siegler 和 Chen 采用微观发生法对 4、5 岁儿童进行规则学习的研究可以证明这一点。其研究表明<sup>[5]</sup>, 注意到距离维度的作用对儿童来讲比较困难, 因为儿童总是不愿意放弃原来的心理模型即重量决定平衡秤的状况, 甚至在证据表明重量解释不正确时, 他们仍坚持原来的看法。关于知识经验对平衡秤任务复杂性的影响, 最近的一项研究也表明, 和任务本身的其他特点相比, 知识经验对平衡秤任务难度的预测作用是最大的<sup>[19]</sup>。因此本研究中使用距离规则的儿童非常少也不难理解。此外, 认知复杂性和控制理论是对某种特定规则的分析, 因此我们没有分析规则 IIIA 的复杂性, 规则 IIIA 并非单一的特定规则。

本研究还表明, 被试使用规则 III 的人数要多于使用补偿规则的人数, 这支持了 Siegler<sup>[7, 8]</sup> 的观点而不是 Case<sup>[13]</sup> 的观点。对此, 认知复杂性和控制理论<sup>[15, 16]</sup> 也可以提供较好的解释。根据该理论, 规则 II 和补偿规则分别有两层和三层嵌套关系, 前者包含“IF...IF...IF...THEN”结构, 而后者包含“IF...IF...IF...IF...THEN”结构。这两种规则的具体步骤如表 5 所示。可以看出, 补偿规则比规则 III 多一个

嵌套层级,即当平衡秤两侧重量大的一端和距离远的一端不是同侧时,使用补偿规则的被试会继续进行条件判断,而使用规则 II 的儿童这时凭猜测直接

做出回答。较复杂的规则总是较难掌握,至少 10 至 12 岁的儿童很少能够使用这种规则。

表 5 规则 II 和补偿规则的产生式系统

IF 重量相等	IF 重量相等
IF 距离相等 THEN 平衡秤保持平衡	IF 距离相等 THEN 平衡秤保持平衡
IF 重量不相等	IF 重量不相等
IF 距离相等 THEN 距离远的一侧下沉	IF 距离相等 THEN 距离远的一侧下沉
IF 距离不相等	IF 距离不相等
IF 重量大的一端和距离远的一端是同侧	IF 重量大的一端和距离远的一端是同侧
THEN 重量大且距离远的一侧下沉	THEN 重量大且距离远的一侧下沉
IF 重量大的一端和距离远的一端不是同侧	IF 重量大的一端和距离远的一端不是同侧
THEN 靠猜测回答	IF 两侧的重量差和距离差相等
	THEN 平衡秤保持平衡
	IF 两侧的重量差和距离差不相等
	THEN 距离差大时距离远的一侧下沉
	重量差大时重量远的一侧下沉

然而,与 Siegler<sup>[7, 8]</sup> 的观点又有很大不同,尽管有不少儿童在使用规则 III,但规则 III并不是 10~12 岁儿童使用的主要规则,10~12 岁儿童使用的主要规则仍是规则 I。具体到每个年级也是如此,虽然六年级时使用规则 I 的人数显著减少,但这时规则 I 仍是所有规则中使用人数最多的。可以说规则 I 是相当长时间内儿童使用的主要规则,而不是 Siegler<sup>[7, 8]</sup> 认为的主要是 4、5 岁儿童使用此规则。我们的这一结果与 Jansen 和 van der Maas 的研究有较大一致,他们的研究表明尽管 5 至 7 岁以后使用规则 I 的人数在减少,但它仍是 7 至 11 岁儿童使用最多的规则<sup>[11]</sup>。由此可以推定,这一结果应该反映了儿童认知发展的真实情况,但这种认知表现是与实验任务的特点及其呈现方式有关联的。电脑施测方式可能给儿童施加了很大的记忆负荷,而且因为任务要求儿童“既准确又快速地”解决问题,这可能导致不少儿童为了快速做出反应,对问题缺乏深入思考,从而影响了高级规则的使用。例如,不少儿童面对冲突距离问题,可能已经知道要权衡重量和距离两个维度再做出判断,但他们发现权衡后仍无法做出判断,或者这样会降低解题速度时,可能会放弃使用复杂规则,而退回到使用简单规则(如规则 I,单纯根据重量做判断)。

综上,本研究采取规则评估方法探讨了儿童在平衡秤任务上的规则使用类型及规则使用的年龄特点,并在此基础上尝试用认知复杂性和控制理论分析和解释儿童在平衡秤任务上规则使用的年龄特点。研究结果丰富了我们对于儿童在平衡秤任务上规则类别的认识,为进一步完善 Siegler 的规则分类系统奠定了基础,也对以往关于 10~12 岁儿童使用的主要规则的争议有了初步结论。最重要的,本研究首次尝试了使用认知复杂性和控制理论来分析复杂

任务上儿童所使用的规则的复杂性。当然,本研究也有不足,比如,关于儿童规则使用的年龄差异,不知是样本本身存在差异的原因还是事实上如此,五年级儿童使用复杂性较低的规则 I 的人数要多于四年级儿童,而使用较复杂的规则 II 的人数少于四年级,进一步的研究尚需要对此问题进行深入探讨。

5 结论

- 5.1 除了 Siegler 提出的四种规则和补偿规则以外,儿童还使用了规则 IIIA 和距离规则;其中规则 IIIA 并不特指单一的规则,而是代表儿童在掌握了规则 II 之后向更高级的规则 IV 发展的不稳定期和过渡期。
- 5.2 10~12 岁儿童中使用规则 II 的人数要多于使用补偿规则的人数,对此认知复杂性和控制理论可以提供较好的解释。
- 5.3 规则 I 仍是 10~12 岁儿童使用的主要规则,并非 Siegler 认为的主要是 4、5 岁儿童使用此规则。

6 参考文献

1 Wilkening F, Anderson N H. Comparison of two rule—assessment methodologies for studying cognitive development and knowledge structure. *Psychological Bulletin*, 1982, 92: 215—237

2 Ferretti R P, Butterfield E C. Are children’s rule—assessment classifications invariant across instances of problem types? *Child Development*, 1986, 57: 1419—1428

3 Chletsos P N, De Lisi R, Turner G, McGillicuddy—De Lisi A V. Cognitive assessment of proportional reasoning strategies. *Journal of Research and Development in Education*, 1989, 23: 18—27

4 Maini Z, Case R. The development of abstract reasoning about the physical and social world. *Child Development*, 1994, 65: 147—159

- 5 Siegler R S, Chen Z. Developmental differences in rule learning: A microgenetic analysis. *Cognitive Psychology*, 1998, 36: 273—310
- 6 van Rijn H, van Someren M, van der Maas H. Modeling developmental transitions on the balance scale task. *Cognitive Science*, 2003, 27: 227—257
- 7 Siegler R S. Three aspects of cognitive development. *Cognitive Psychology*, 1976, 8: 481—520
- 8 Siegler R S. Developmental sequences within and between concepts. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 1981, 46: 1—84
- 9 Normandeau S, Larivée S, Roulin J—L, Longeot F. The balance—scale dilemma: Either the subject or the experimenter muddles through. *Journal of Genetic Psychology*, 1989, 150: 237—250
- 10 Jansen B, van der Maas H. Statistical test of the rule assessment methodology by latent class analysis. *Developmental Review*, 1997, 17: 321—357
- 11 Jansen B R J, van der Maas H. The development of children's rule use on the balance scale task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2002, 81: 383—416
- 12 Halford G S, Andrews G, Dalton C, et al. Young children's performance on the balance scale: The influence of relational complexity. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2002, 81: 417—445
- 13 Case R. *The mind's staircase: Exploring the conceptual underpinnings of children's thought and knowledge*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1992
- 14 Case R. *Intellectual development: Birth to adulthood*. New York: Academic Press, 1985, 107
- 15 Zelazo P D, Frye D. II. Cognitive complexity and control: The development of executive function. *Current Directions in Psychological Science*, 1998, 7: 121—126
- 16 Zelazo P D, Mueller U, Frye D, Marcovitch S. The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 2003, 68(3): 1—137
- 17 Reese H W. Rules and rule—governance: Cognitive and behavioristic views. In: S C Hayes. (Eds.). *Rule governed behavior: Cognition, contingencies, and instructional control*. New York: Plenum Press, 1989: 3—84
- 18 van der Maas H, Jansen B. What response times tell of children's behavior on the balance scale task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2003, 85: 141—177
- 19 张丽, 辛自强. 平衡秤任务复杂性的事前与事后分析. *心理发展与教育*, 2008, 1, 发表中

## Ten- to Twelve-year-old Children's Rule Application to the Balance Scale Task and Their Complexity

*Xin Ziqiang, Zhang Li, Lin Chongde*

(Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing, 100875)

**Abstract** The aims of this study were to explore if there was any additional rule besides the four rules (rules I, II, III, and IV) proposed by Siegler (1976, 1981) and which rules were used mainly by the 10—12-year-old children. In the study 256 children from grade 4, 5 and 6 (aged 10 to 12) were presented with a computerized balance scale task. The results showed that (1) Children used rule IIIA and the distance rule, apart from the four rules Siegler proposed and the compensation rule. Rule IIIA included a series of specific rules between rules III and IV. (2) The number of children who used rule III was greater than that of children who used the compensation rule. (3) Rule I was still the main rule that children aged 10 to 12 used. This result was different from Siegler's argument that children aged 4 or 5 mainly used rule I. Finally, we tried to explain these children's rules application to the balance scale task in terms of cognitive complexity and the control theory proposed by Zelazo and Frye (1999, 2003).

**Key words:** the balance scale task, the cognitive complexity and control theory, rule assessment methodology.