https://doi.org/10.12677/acpp.2025.145231

笛卡尔的时空几何化思想

花天放, 何朝安

东华大学人文学院,上海

收稿日期: 2025年4月15日; 录用日期: 2025年5月7日; 发布日期: 2025年5月19日

摘要

几何化是笛卡尔时空观的关键特征。笛卡尔力图将数学精确性引入一切科学知识的理念,以及解析几何对代数与空间的沟通,是时空几何化的基础。借助于物质、空间和广延这三个概念之间的关系,笛卡尔实现了空间的几何化,几何学中没有时间这一因素,因此时间的几何化通过时间的空间化得到了实现。时空几何化直接影响了笛卡尔的自然科学思想,造成了宇宙的同质性、运动的相对性思想的产生以及机械论自然观的发展。同时,它也限制了笛卡尔物理学的进一步发展,但在现代物理学中又提供了思想资源。

关键词

笛卡尔,时空观,广延,机械论

Descartes' Geometric View of Space-Time

Tianfang Hua, Chao'an He

College of Humanities, Donghua University, Shanghai

Received: Apr. 15th, 2025; accepted: May 7th, 2025; published: May 19th, 2025

Abstract

Geometry is the key to Descartes' view of space-time. Descartes' attempt to introduce mathematical precision into all scientific knowledge, as well as the communication between algebra and space in analytic geometry, are the basis of geometric space-time. Based on the relationship between matter, space, and extension, Descartes realized the geometry of space. There is no such factor as time in geometry, so the geometry of time is realized through the spatialization of time. The geometry of space-time directly influenced Descartes' natural science thought, resulting in the homogeneity of the universe, the relativity of motion, and the development of a mechanistic view of nature. At the same time, it also limits the further development of Cartesian physics but provides ideological

文章引用: 花天放,何朝安. 笛卡尔的时空几何化思想[J]. 哲学进展,2025,14(5):188-193. DOI: 10.12677/acpp.2025.145231

resources for modern physics.

Keywords

Descartes, Space-Time, Extension, Mechanism

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



Open Access

1. 引言

勒内·笛卡尔(René Descartes, 1596~1650)是一位在多个领域皆有重要贡献的思想家,在诸多学科之中,他最为推崇数学,原因在于其"推理确切明了"([1]: p. 7),他力图将数学知识与方法的精确明晰性引入所有知识之中,由此也导致了对时空的几何化处理。这一工作奠基于笛卡尔的数学工作,塑造了独特的时空观,并在笛卡尔的自然科学思想中产生了重要影响,本文将对时空几何化的基础、思路和影响进行论述。

2. 时空几何化的基础

尽管甚至早在古希腊的毕达哥拉斯学派那里,就产生了用数学来表达自然的思想,但直至笛卡尔为止,这种表达也只是单纯通过几何来完成的,人们只能研究几何图形或形体的性质,而无法研究运动这种涉及变量的问题。因此,若要彻底实现自然的数学化,就需要一种能研究运动的新数学工具,通过解析几何的发明,笛卡尔完成了这项任务,代数和几何由此被沟通,从此物质的几何性质和运动都能够通过数来表达,而且还使得原先的许多复杂的几何推理思路和步骤变得清晰明了[2]。

解析几何的发明极大地鼓舞了笛卡尔的信心,使其"普遍数学"(Mathesis Universalis)思想得到了推进。笛卡尔力图证明世界具有统一性,所有研究世界的科学知识是一个有机统一体,而我们可以运用具备精确明晰性的数学知识与方法来统摄这些知识[3]。通过解析几何,数和空间能够实现精确的对应,无论多么复杂的空间关系,都可以通过代数来进行表达,反之亦然([4]: p. 99)。这样便既可以研究物质的几何性质,又可以研究物质的运动规律,这就使得笛卡尔认为可以将整个物理学进行数学化,或者更准确地说,几何化。

数学是处理现象的秩序与量度的科学,其之所以具有精确性,就是因为被处理对象的纯粹,这就是物质的几何性质,没有这种性质,物质是不可想象的,不过几何观念仍然存在。因此,如果将物质的根本的或不可还原的性质,即本性归结为它们的几何性质,那么,数学的演绎方法及相应的准确性就可以被运用于物理学研究之中。依据这种思路,对于作为物理学研究基础的时空的几何化,就成为了物理学几何化的第一步。

3. 时空的几何化

3.1. 空间的几何化

在笛卡尔看来,空间和物质是等同的,其原因在于二者的本性都是"广延"(extension),也就是在长、宽、高上伸展的立体性,这一观点是实现空间几何化的关键。

先来考察笛卡尔对广延是物质的本性的论证。笛卡尔对蜡的性质进行了考察,他指出,在刚从蜂房

中取出一块蜡时,它的气味、颜色、硬度、温度、形状等性质都是能很清楚地认识的,但是如果将它放到火焰旁边,它的这些性质就都会发生改变,但是蜡本身却仍然存在,因此它的本性必然不是这类通过感官媒介所认识到的性质。去除这些性质之后,所剩下的仅是"有广延的、有伸缩性的、可以变动的东西"([5]: p. 32)。笛卡尔接着出于谨慎否定了这些性质是蜡的本性的判断,但在确立了"清楚分明性"原则之后,他在另一处指出,特定物质的广延具有固定的量,所谓变动无非是指稀化或凝聚,稀化是其它物质填充了该物质的间隙造成的,而凝聚则是该物质各部分更紧密地接近,从而消除间隙造成的([6]: pp. 63-65);至于物质的伸缩,也不会改变特定物质的广延量;唯独广延量的变化会真正改变一个特定物质,使之成为另一物质,当广延消失时,甚至会使该物质不再是一个物质。因此,物质的本性必然是广延。在《哲学原理》中,笛卡尔也给出了物质本性是广延的论证,他认为诸如硬度、颜色之类的性质都不是物质的本性,以硬度为例,我们将手伸向一个物体时,若该物体以相同速度向反方向运动,则必然无法感受到硬度,但该物体仍是物质,即使去除硬度也仍然如此,其它的性质也同样如此,但是如若去除广延,则物体便会被视为非物质的,所以广延是物质的本性([6]: pp. 62-63)。由于所有次要性质都是可以剥离的,所以可以将物质视为只具备长宽高这些几何性质的形体来处理,如此就实现了物质的几何化。

空间和物质实体是完全等同的,"唯一的区别在于我们习惯于以何种方式来构想它们"([6]: p. 66)。一般认为,物质的广延是会变化的,但是空间则不然。它不会变化,保持着不变的位置,还可以被不同的物体占据。但后者实际上指的是某个位置,笛卡尔称之为"处所",更具体地说是"外部处所",是对空间的一种人为的思想构造。因为考虑到万物的运动,宇宙中并不存在一个固定不动的点作为确定一个固定不动的处所的参考系,所以实际上没有严格意义上的处所。真正的空间可以被称为"内部处所",说物质占据一个空间时强调的是物质的大小和形状这些几何性质,所以空间和物质的几何性质相同;而且空间本身只具有长、宽、高上伸展的立体性,即广延,而没有其他性质,所以这就是空间的本性,与物质实体的本性完全相同,本性相同的实体就是同一种实体,所以空间和物质实体实际上是没有差别的。因此,不存在绝对空间,对物质的几何化就是对空间的几何化。

不过,笛卡尔对空间等同于物质的论证存在瑕疵。Jonathan Bennett 认为,根据空间的本性是广延这一点,并不能得出空间是一种物质的结论,因为空间也可能是一种由物质之间的关系构成的关系系统。即使空间是一种物质,也不能排除空间是一种能够与其余物质共同存在的容器性的物质的可能性;就算将不能在同一个处所共存也视为物质的本性之一,还可以假定空间是一种流动性的填充在物质之间间隙中的东西,仿佛起到分隔符的作用,也就是相邻物质之间的实在的分界,这样也能够解释为什么物质不是一个整体[7]。

3.2. 时间的几何化

在解析几何中,是没有时间这一维度的,因此笛卡尔对时间的几何化是通过否定时间的客观实在性来完成的,这也导致笛卡尔的物理学中完全不考虑时间这一因素。

笛卡尔认为,物体都是绵延的,或者说持续存在的,同时物体都是运动的,为了度量所有物体的绵延,我们设定了时间,时间就是度量物体的绵延的一种思想样式,"除了一种思想样式,没有给一般意义上的绵延增加任何东西"([6]: pp. 68-69)。何为"思想样式"?笛卡尔是身心二元论的创始人,他认为精神和物质是两种独立的实体,互不影响,物质的本性是广延,精神的本性则是思想;至于样式,则是依附于本性的次要性质,必须在本性的基础上才能存在。所以,"思想样式"即是借助于思想才能被理解的次级性质,这就是笛卡尔对时间的理解,时间完全是主观的。

但是,运动是物质变化的主要原因,而时间是变化的基础,如果时间只是一种思想样式,那么运动的本质是什么呢?这就涉及笛卡尔的形而上学思想。在笛卡尔看来,时间"可以分为无数部分,而每一

部分都绝对不取决于其余部分"([5]: p. 53).考虑到时间的主观性,这一点并不难理解。不过,这意味着一个实体的持续并非顺理成章的,不能根据它前一时刻的存在推论出它之后的存在,它必然是不断地被创造的,而一个实体只能产生于比它具备更高完满性的实体,因此一切实体的创造者归根结底只能是具备最高完满性的上帝。同时,笛卡尔认为,上帝的完满性"不仅在于他本身是不变的,还在于他以一种完全恒常不变的方式运作"([6]: p. 84)。上帝在维持自然规律的不变的前提下,不断地创造所有物质(这些物质带有初始运动速度,但在碰撞中发生变化),由此也维持了运动,这样,即使没有时间这一背景,依然能够提供运动的原因,而且这种解释也调和了作为上帝自身完满性的不变和运动所意味的变化之间的矛盾。作为这种解释的直接结果,运动被理解为一种瞬时的位移,时间不再是运动的必要基础,只是出于度量物质绵延的需要才采用的一种思想样式,如此,便完成了时间的几何化,或者说时间的空间化。

4. 时空几何化的影响

4.1. 宇宙的同质性

时空的几何化暗含着宇宙的无限性思想,因为对于一个几何空间来说,其范围是可以无限延伸的,否则便不会有直线的存在。但是出于谨慎,笛卡尔提出宇宙是"无定限"(indefinite)的而非无限的,主要区别在于前者不如后者那样具有肯定性,笛卡尔认为唯有上帝才能确切地被称为"无限",我们也许能想象宇宙的界限,但上帝必然拥有在这所谓界限之外创造空间的能力,而且我们只具有有限的完满性,是无法理解真正的无限性的,所以只能称宇宙是"无定限"的。

纵然无法肯定宇宙的无限性,但也可以肯定无定限的宇宙必然是由同一种物质实体构成的。因为空间等同于物质,无定限延伸的空间即是无定限的延伸的物质,而且无法清楚分明地想象具备广延的除物质实体以外的另一种实体的存在,所以只存在一个由同一种物质实体构成的世界存在。即使存在多个世界,它们也是由同一种物质实体构成的,故而实际上仍旧是同一个世界,因此,笛卡尔打破了亚里士多德划分"月上世界"和"月下世界"的传统观点,宣称: "天与地的物质是完全相同的"([6]: p. 73)。相同物质的本性自然是相同的,所以宇宙具有同质性,这意味着自然规律具有全宇宙的普适性,这种观点对于近代自然科学的发展提供了一种思想动力。

4.2. 运动的相对性

运动的相对性思想源于伽利略,而完成于牛顿,笛卡尔的研究是沟通二者的桥梁。笛卡尔认为物质始终是运动的,时间只是度量这种运动的绵延的思想样式,不能用来定义运动,运动包含的位置变化应该通过位移来表示。另一方面,如何判断是哪一个物质在运动,或者说如何判断物体运动的速度呢?这就需要设定一个真正始终固定不动的点作为参考系,但是空间等于物质,不存在绝对空间和虚空,同时物质又始终在运动,因此必然不存在这样一个点,所以就只能选择一个物体,将之视为静止的参考系。因此,笛卡尔对运动的定义是通过位移概念和设定参考系来实现的,他理解的运动是瞬时完成的和无方向性的: "运动就是一个物质部分或一个物体从与之直接邻接并且被视为静止的那些物体附近转移到其他物体附近。"([6]: p. 75)

这种理解意味着运动的相对性,笛卡尔也承认,物体的"转移本身是相互的"([6]: p. 77),物体 A 向物体 B 的转移等同于物体 B 向物体 A 的转移,所以静止和运动是相对的,关键只在于我们选定哪一个物体作为静止的参考系。

4.3. 机械论自然观

时空的几何化也导致机械论思想被引入对自然界的解释之中,在笛卡尔的物理学中,一切运动都遵

循着严格的因果性,整个宇宙的规律都可以从物质的几何性质出发,以演绎方法得到论证,其中最为突出的代表即是笛卡尔解释宇宙演化的旋涡说,其概要如下:

物质充实着整个宇宙,同时物质又都是运动的,所以物质必然以圆形进行运动,由此物质都被磨损成了圆形,这就是天界物质都是圆形的原因。磨损余下的较大物质是第二元素,它们构成了旋涡,被磨损下来的物质微粒则是第一元素,它们填满了第二元素的间隙之后,由于第二元素的离心运动而被挤向中心,构成了恒星,如此宇宙中就充斥着以恒星为中心的旋涡。至于地球等行星,则是由于部分有棱角的第一元素粘合而成的第三元素造成的,这些行星原本也是恒星,但被第三元素覆盖后,以它为中心的旋涡的速度降低,于是被拖向了另一个恒星的旋涡之中,围绕其旋转,成为行星,这样就形成了宇宙中的行星系统。

同时,笛卡尔对自然的认识也是机械论的,物质如同几何学的对象,被视为只具有几何性质的可量 化的客体,也可以通过演绎方法推论它们的规律;人的心灵则是一种精神实体,具有与自然截然不同的 性质,由此人和自然只具有主体与客体的关系。这种认识在近代科学中发挥了重要作用,有助于对自然 的客观的、量化的研究,但是却也割裂了人与自然的共生关系,忽视了保护自然的重要性。更为重要的 是,人类自身逐渐也被视为一种研究的客体,人的独特的价值与意义也逐渐被忽视了,对此,有诸多哲 学家分析与批判了笛卡尔的几何化时空观:

柏格森认为,笛卡尔将时间进行了空间化处理,剥夺了时间本身的特性,笛卡尔思想中的时间是一种"度量时间",是一种人为构造的服务于日常生活和科学研究的时间,以这种时间的视角来看,生命和物质是同质的、静止的,生命没有独特的价值;真正的时间是不被空间所制约的,生命实际上存在于这种时间之中,是意识之流,有着生命活力[8]。海德格尔批判了空间的几何化,他称笛卡尔的空间为"广延空间",身处其中的事物是不具备联系的,只是被作为客体而观察的;但这种解释不符合实际,因为主体与周围世界是存在关系的,主体和周围的物体实际上构成了一个围绕主体的生存而组建的有目的的系统,而不单单是主体与客体对立的广延空间[9]。

4.4. "有成果的原罪"

笛卡尔的几何化时空观服务于他的"普遍数学"理想,他认为研究静止的空间形式的几何学和研究运动的空间形式的物理学同样能够采用公理化演绎方法,由此他的自然科学的数学特征主要体现在整个体系的公理化结构([10]: p. 591)。这与之后运用代数公式来表现自然规律的数学化显然不同,以至于被批评为"试图使科学隶属于形而上学"([11]: p. 74)。柯瓦雷认为,这是时空几何化的结果:空间等同于物质,意味着宇宙的充实和连续,所有事物都是相互依赖的;时间是主观的,故而事物的运动都是瞬时完成的。在这样的宇宙中,无法孤立出任何现象,以便以代数公式的形式提出自然定律([12]: p. 152)。

除此之外, Edward Slowik 也指出,在笛卡尔的时空观中,空间不具备独立实体的地位,时间也被空间化,这就使得"速度"和"加速度"的概念无法得到合适的解释,从而导致笛卡尔只能提出许多自然定律的雏形,而无法达到牛顿那样的准确性[13]。实际上,"加速度"概念对于笛卡尔来说实在太复杂,因为在一个紧密联系的宇宙中,这牵涉太多的因素,以至于笛卡尔在给出了惯性定律的雏形的情况下,放弃了对落体问题的研究,这使得柯瓦雷指责彻底几何化是笛卡尔思想的原罪([12]: p. 148)。

这些批评都是基于牛顿物理学成功取代笛卡尔物理学而进行的,柯瓦雷也是因为笛卡尔提出了诸多经典力学的理论雏形才称时空几何化是一种"有成果的原罪",不过随着现代物理学的发展,绝对时空观遭到质疑,这种"成果"又得到了扩大。爱因斯坦批评牛顿的绝对时空观,认为这割裂了时间、空间与物质三者之间的相互关系,与此同时,他肯定了笛卡尔的几何时空观,笛卡尔认为"没有物体的空间是不存在的,亦即一无所有的空间是不存在的……广义相对论绕了一个大弯仍旧证实了笛卡尔的概念"([14]:

pp. 131-132); 爱因斯坦还认为"笛卡尔认为一无所有的空间并不存在的见解与真理相去并不远"([14]: p. 150), 所差的只是将"场"视为物理实在的表象,没有"场"这种物质的存在的空间是不存在的。相比于绝对时空观,相对论时空观也与几何时空观具有更多的相似性,四维时空包括三维空间和时间,它们之间以及和存在于其中的物质之间都具有联系;在笛卡尔的几何时空观中,作为物质本性的广延是三维的,且物质等同于空间,同时时间是度量事物绵延的一种思想样式,由此,在作为精神实体的"我"看来,物质也就是存在于四维时空之中的,而且物质与时空之间也存有联系。因此,可以说,几何时空观在现代物理学中依然发挥着它的影响。

5. 结语

综上所述,笛卡尔时空几何化的基础,在于他的普遍数学思想和解析几何成果。空间的几何化借助于空间和物质的等同性来实现,时间的几何化则通过论证时间的主观性和剥离时间与运动的联系来实现。时空的几何化在笛卡尔的自然科学思想中产生了深刻影响,他肯定了宇宙的同质性、运动的相对性,并发展了影响深远的机械论自然观,几何时空观推动了笛卡尔物理学几何化的进展,取得了一系列成果,但也阻止了他的进一步突破,最终导致笛卡尔物理学被牛顿物理学取代,但在现代物理学中,它又焕发出了新的生机。

参考文献

- [1] [法]笛卡尔. 谈谈方法[M]. 王太庆, 译. 北京: 商务印书馆, 2000.
- [2] 曹泽. 解析几何的创立及其在近代科学认识上的作用[J]. 安阳大学学报, 2003(3): 59-61.
- [3] 赵佳佳, 陈玲. 笛卡尔关于科学研究统一性的数学构想[J]. 自然辩证法研究, 2020, 36(7): 90-95.
- [4] [美]埃德温·阿瑟·伯特. 近代物理科学的形而上学基础[M]. 张卜天, 译. 北京: 商务印书馆, 2018.
- [5] [法]笛卡尔. 第一哲学沉思集[M]. 庞景仁, 译. 北京: 商务印书馆, 1986.
- [6] [法]笛卡尔. 哲学原理[M]. 张卜天, 鲁博林, 译. 北京: 商务印书馆, 2024.
- [7] Bennett, J. (1999) Space and Subtle Matter in Descartes's Metaphysics. In: Gennaro, R.J. and Huenemann, C., Eds., *New Essays on the Rationalists*, Oxford University Press, 1-25.
- [8] 杨大春. 同时(代)性与时空转换: 从柏格森到梅洛-庞蒂[J]. 哲学研究, 2021(5): 109-118.
- [9] 罗永斌. 海德格尔论生存论空间[J]. 宜宾学院学报, 2025, 25(1): 24-33.
- [10] [荷兰]爱德华·扬·戴克斯特豪斯. 世界图景的机械化[M]. 张卜天, 译. 北京: 商务印书馆, 2018.
- [11] [法]亚历山大·柯瓦雷. 牛顿研究[M]. 张卜天, 译. 北京: 商务印书馆, 2016.
- [12] [法]亚历山大·柯瓦雷. 伽利略研究[M]. 刘胜利, 译. 北京: 北京大学出版社, 2008.
- [13] Slowik, E.S. (1994) Newton's "de Gravitatione" Argument: Cartesian Relationalist Dynamics and the Structure of Space and Time. Ph.D. Thesis, The Ohio State University.
- [14] [美]爱因斯坦. 狭义与广义相对论浅说[M]. 杨润殷, 译. 北京: 北京大学出版社, 2006.