

洛伦兹变换奇观暨静源光速不恒定的证明

——类时空无穷递归构造法示例

Lorentz Transformation with Static Source

Space-Time Infinite Recursion Structural Law Demonstration

Liu Yuhui

刘宇晖 (liuyuhui30000@sina.com)

摘要 : 本文证明了洛伦兹变换的自同构性质, 利用双义相对性思想具体的递归构造出彼此自同构的无穷个洛伦兹变换, 证明了惯性系笛卡儿空间的不唯一性, 因而变革了和丰富了相对论对惯性时空的传统观念, 证明了光速不恒定。作者提出“类时空”这一崭新时空理念, 本文的构造是“类时空几何”这门新科学的第一个重要示例。

关键词: 类时空 笛卡儿 唯一性 自同构 递归 双义性

道生一, 一生二, 二生三, 三生万物。 ——老子

一粒砂中含三千大千世界。 ——释迦牟尼

一. 爱因斯坦对洛伦兹变换的诠释是对的吗?

爱因斯坦对洛变换的诠释包含三个方面: 1. 对空间量的操作解释; 2. 对时间量的操作解释; 3. 用光速不变对洛变换中常数 c 的意义进行的解释。爱因斯坦对时空进行操作解释是因为需要给出任意物理事件的时间和空间的准确定位以便量化描述, 由此任一事件就有了具体的时空坐标, 由时空点 (x, y, z, t) 代表。因此同一事件在不同惯性系中的物理演化关系就可由表示时空点对应关系的洛变换量化描述。爱因斯坦的诠释要点关系到对时空的基本认识, 也是相对论的理论基石, 在此需要明确描述:

1. 对空间量的操作解释: 在相对论中, 对惯性系空间的测量没有做出与古典空间观不同的新论述, 完全承袭了欧氏几何的空间理念。虽然, 在对洛变换进行深入研究后, 在狭义相对论中出现了尺缩论点, 但这是涉及运动空间的效应, 虽然, 也突破了时间和空间完全分立的观念, 并且, 在广义相对论中非欧几何不可避免, 但是, 在一个惯性参照系内, 在确定代表此物理系的数学坐标系及其空间度规时, 其空间测量仍是欧氏的, 因此代表该系的是笛卡

儿坐标系，勾股定理在其中成立，并且，**相对论不自觉的假定了：代表该系的笛卡儿**

系是唯一的（在这里，坐标原点选择的任意性是无关紧要的，只是参考点的简单平移而已），

空间操作原则上是简单的，只是由原点开始用标准米尺沿直线依次截取相同的线段，并标上空间坐标数，就圆满完成了唯一确定笛卡儿坐标系的工作。

2. 时间量的操作意义：这一部分被认为具有相对论特色。由于需要为事件进行时点定位，因此可以用事件发生地点静置的一只钟在事件发生时的读数给出其时间坐标，但这还不是洛变换中的 t ，因为在不同地点的静置钟必须统一被校准，相对论的校准方法是，假设甲地钟读数为 t ，在此时从甲地发出光信号到乙地，则在光到达乙地时将乙地的钟读数设定为 t' ，使得， $t' - t = \text{甲乙距离}/c$ ，则视为被校准了。校准读数因此可被唯一的测定。这里， c 是静光源发出的光的光速，它各向同性的具有同一常量。当然，按照光速不变假设，光速不依赖于光源的速度，因此，在相对论中，从甲地发出的光的光源是静止还是运动的这是无所谓的，但是，为了使校准也得到古典物理的认可，明确规定用静源校准是有好处的。从以上论述不难看出，虽然相对论首次提出了时间量的操作解释，但就这一解释本身而言，并不具有相对论特色，而是和古典认识完全一致，古典物理与相对论的区别不在这里，也不在相对性原理，而在于对光速转换不变原理与惯性系变换的具体样式的认识不同。**古典物理和相对论一**

致认定：在任一惯性系内，由静止光源发出的光的速度恒定为 c 。这是校准操作得

以成立的基础。

3. 洛变换中常数 c 的意义：在洛变换中，当 $x=ct$ 时， $x' = ct'$ ，反之亦然。 c 被诠释为光速，上式代表同一束光的速度在彼此相对运动的惯性系内测量都是 c ，也就是说，光速不依赖于光源的运动状态。在洛变换中出现的 x, y, z 是空间测量的坐标数， t 则为校准钟给出的时间量。

以上三点构成狭义相对论中洛变换的爱因斯坦诠释。在这一诠释下，惯性系就是一个固定的时空背景，一切在这固定的舞台上发生，演化，灭亡的物理事件，无论怎样，都可用这舞台已规定好的固定不变的时空尺度准确描述，而不能反过来对舞台本身有丝毫触动。

本文证明爱因斯坦诠释的每一点都不是完全正确的，原因在于相对论对洛变换的性质研究的不够所致。由于本文发现的洛变换的“奇观”，原样坚持爱因斯坦诠释成为不可能。如果在爱翁时代类似的性质就被发现，（作者相信）爱因斯坦会重新考虑如何发展相对性的时空理论。

本文确立的具体基本结论如下：

用于代表一个惯性系的满足欧氏空间性质的笛卡儿坐标系不只一个，而是多个，甚至无穷多个，这些笛卡儿坐标系之间具有非线性的联系，因此不能统一化归为一个坐标系。因此，不存在统一的时空尺度。

这一结论产生如下后果：

1. 因此，一个惯性系就是一个时空，存在不同的相互运动的惯性时空的相对论观念是不对的。由于本文的结果，即使对于一个系而言时空的唯一真实性已被破坏，“真正的时空”已经失去了意义。基于此事作者提出“类时空”理念，将宇宙理解为无数的类时空，每一“类

时空”都是时间和空间本身（真正的时空）的体现，在对类时空性质进行把握的过程中或许可以对“本身”有所领悟。这一尚有待研究的内容丰富的新科学作者命名为“类时空几何”。本文不对类时空的内涵多谈，在此为了论证的需要对这一概念做简要的界定：a. 一切具有空间量纲的量都是“类空间量”；b. 一切具有时间量纲的量都可称为“类时间量”（类似时间，并非时间本身，但是时间本身的一种“现象”，一种体现。对“类空间”的意义可做相似的理解。）c. 一切具有速度量纲的量是“类速度”量。d. 类时间坐标与类空间坐标组成类时空坐标或“类时空点”。e. 若干或无穷多类时空点的有意义的集合构成一个类时空。f. 多个或无穷个类时空 的有意义的集合构成一个类时空体系。还可对类时空体系做层次的划分，等等。因此，用类时空的概念表达，本文的基本结论即：在一个系内，同时同地的有无数具有欧氏空间性质的类时空同在，因此，一个惯性系是一个大的类时空体系（不排除兼容非欧空间，且各欧氏空间之间是非线性的非欧的联系，体系整体性质是非欧的），而不是“一个时空”。所有相对运动的惯性系构成一个更大的类时空体系。

2. 由于两地点的距离在不同的本系类时空中有不同的欧氏度规，因此利用静光源的光信号校准，同一地点的对应不同本系类时空中的静置钟读数是不一致的。由于类速度与类时间和类空间度规的直接联系，同一运动在本系不同的类时空中不具有一致的速度（即使各个类时空都满足了空间和时间的测量要求）。因此对于两个特定的惯性系而言，其相对运动的类速度也不一致。但是由于还可严格证明，静止光源发出的光速数值不唯一，因此时空操作的爱因斯坦诠释原则上需要修改或考虑舍弃（作为旁证，有洛变换可以纯数学的导出——即使 x, y, z, t 这些类空间和类时间量未被赋予爱因斯坦的操作意义——这一事实的支持，说明这一诠释不是洛变换成立的必要前提）。

二 . 关注洛伦兹型变换和伽利略型变换之间的数学协调关系

相对性原理的物理意义经量化后就对两系变换的数学样式提出了协变要求，分别而言，伽利略型变换与洛伦兹型变换都与相对协变的要求一致，因此相对性原理的内涵中也包括了对洛型变换和伽型变换二者协调一致的内在要求，这就是“双义相对性”的思想[1]。双义性不仅肯定了两种数学样式协调一致的现实可能性，并且进而提出了这样的价值观诉求：只有协调一致的理解这两种数学样式的体系，才全面符合相对性原理的精神实质，才是真正值得关注的理论，也因此才能最大限度的开发相对性原理的威力，获得对真理的最似真的洞察。而那些承认相对性原理但只坚持一种变换样式排除另一种样式的理论（如狭义相对论和牛顿理论）由于分别只认识了真理的一个侧面，都必然有自身的难以克服的固有缺陷，但是毕竟各得了半部“真经”，因此也会各自获得相当大的成功。

设惯性系 K' 相对于 K 做横向共线匀速运动。我们写出洛型变换，并编号为 1，记作 $L-1$ ，在 $L-1$ 洛变换联系的 K' 系的类时空（记作 $L-1-K'$ ）其类空间量用 x', y', z' 表示，类时间量用 t' 表示，相应的 K 系类时空（ $L-1-K$ ）其类空间量用 x, y, z 表示，类时间量用 t 表示，在 $L-1-K$ 度规下 K' 相对于 K 的类速度为 v ，有：

$$\begin{aligned}x &= a(x' + vt') \\ t &= a(t' + vx' / c^2) \\ y &= y' \\ z &= z' \\ a &= 1 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}\end{aligned}$$

按双义性的要求，惯性系 K' 有一个类时空（记作 $J-1-K'$ ）与 K 的某一个类时空（记作 $J-2-K$ ）有伽利略型变换的联系，将此变换编号为 $J-1$ ，设 $J-1-K'$ 中的类空间和类时间量分别为 $[x']$, $[y']$, $[z']$, $[t']$ ， $J-1-K$ 中的类时空量为 $[x]$, $[y]$, $[z]$, $[t]$ ， K'

相对于 K 的类速度为 u。有：

$$\begin{aligned} [x] &= [x'] + u * [t'] \\ [t] &= [t'] \\ [y] &= [y'] \\ [z] &= [z'] \end{aligned}$$

J-1 变换和 L-1 变换都与相对性原理协调，按双义性的要求，现在要使 J-1 和 L-1 协调，显然令 $[t]=t$, $[t']]=t'$, $[x]=x$, $[x']]=x'$, $u=v$, $[y]=y$, $[z]=z$ (即通常所说的“伽利略变换”)是不行的。但作者在文[2]中找到了一组解(“归零伽利略变换”)：

$$[x]=x, [x']]=x', [y]=y, [z]=z, u=v/\sqrt{1-v^2/c^2},$$

$[t]=t-x/e, [t']]=t'+x'/e, e=v/\{1-\sqrt{1-v^2/c^2}\}$, 我们就把它作为 J-1, 于是：

$$\begin{aligned} x &= x' + u * [t'] \\ [t] &= [t'] \\ y &= y' \\ z &= z' \\ u &= v/\sqrt{1-v^2/c^2} \text{ 等价于 } v=u/\sqrt{1+u^2/c^2} \\ [t] &= t-x/e \text{ 等价于 } t=[t]+x/e \\ [t'] &= t'+x'/e \text{ 等价于 } t'=[t']-x'/e \end{aligned}$$

现在还需要找到另一组联系，在 L-1 中，当 $|x/t|$ 小于 c 时 (与 $|x'/t'|$ 同小于 c)，有变换不变量：

$$\sqrt{(t^2 - x^2/c^2)} = \sqrt{(t'^2 - x'^2/c^2)}$$

这个不变量具有时间量纲，因此是一个类时间量，用 T0 表示。令 $T=T0$ 。

将横向速度迭加公式用时间量和空间量表示：

$$(x/ct) = (x'/ct' + v/c) / (1 + vx'/c^2 t')$$

等价变形为：

$$(1+x/ct) / (1-x/ct) = \{ (1+x'/ct') / (1-x'/ct') \} * \{ (1+v/c) / (1-v/c) \}$$

由反双曲正切函数的定义：

$$\text{Arth}(x/ct) = (1/2) \ln \{ (1+x/ct) / (1-x/ct) \}$$

$$\text{Arth}(x'/ct') = (1/2) \ln \{ (1+x'/ct') / (1-x'/ct') \}$$

$$\text{Arth}(v/c) = (1/2) \ln \{ (1+v/c) / (1-v/c) \}$$

再将速度公式的上述变形两边取对数，就得到：

$$\text{Arth}(x/ct) = \text{Arth}(x'/ct') + \text{Arth}(v/c)$$

左右乘 cT，设类空间量

$$[x] = cT \text{Arth}(x/ct), [x']] = cT \text{Arth}(x'/ct')$$

设类速度 $w = c \text{Arth}(v/c)$ ，就得到与 L-1 一致的 J-2 变换：

$$\begin{aligned} [x] &= [x'] + wT \\ T &= T \\ y &= y' \\ z &= z' \end{aligned}$$

根据以上所得的 L-1, J-1, J-2 变换，我们就可以构造出无穷多洛伦兹型变换和相应的类时空。

三 . 无穷递归的洛伦兹变换奇观

我们要求即将构造出的 L-2 与 J-2 的关系犹如 L-1 与 J-1 的关系，这样构造出的 L-2 与

L-1, J-1, J-2 就都是彼此协调的。

我们用 x_2, x_2', t_2, t_2' 等符号表示用 L-2 相联系的两系分别与 L-2 相符的类时间量和横向类空间量, 用 v_2 表示 K' 系相对于 K 的 L-2 度规下的类速度, 由于要求 L-2 与 J-2 关系相似于 L-1 与 J-1 的关系, 而 L-1 与 J-1 的其他轴向空间量是同一的, 因此我们也要求 L-2 与 J-2 也是这样, 于是写出 L-2:

$$\begin{aligned}x_2 &= b(x_2' + v_2 t_2') \\t_2 &= b(t_2' + v_2 x_2' / c^2) \\y &= y' \\z &= z' \\b &= 1 / \sqrt{1 - v_2^2 / c^2}\end{aligned}$$

现在要求出诸类时空量与 J-2 的数学联系, 因为二者犹如 L-1 与 J-1, 因此对照已求出的 L-1 与 J-1 关系公式, 得:

$$\begin{aligned}V_2 &= w / \sqrt{1 + w^2 / c^2} \\&= c \operatorname{Arth}(w/c) / \sqrt{1 + [\operatorname{Arth}(w/c)]^2} \\x_2 &= [x] = c T \operatorname{Arth}(x/ct) \\x_2' &= [x'] = c T \operatorname{Arth}(x'/ct') \\t_2 &= T + [x]/e' = T + c T \operatorname{Arth}(x/ct) / e' \\t_2' &= T - [x']/e' = T - c T \operatorname{Arth}(x'/ct') / e' \\e' &= v_2 / \{1 - \sqrt{1 - (v_2^2 / c^2)}\}\end{aligned}$$

这就是 L-2 与 L-1 的具体关系。

可以计算 x_2/t_2 的比值范围可以取[负无穷大, 正无穷大]中的任一值, 因此像 L-1 一样包含了完整的洛伦兹变换。L-2 的类时空点除 (0, 0) 点外也包含了完整洛伦兹变换所要求的一切取值, 因此我们补充这个点令其与 L-1 的 (0, 0) 点对应。

这样, 在 J-1 基础上, 以伽利略型变换为跳板, 得到了仅仅以 L-1 中的类时空量与类速度为组成因素的 L-2 洛伦兹变换及相应的类时空, 重复同样的程序, 就可递归构造出无穷无尽的洛伦兹变换 L-3, L-4, ……。无穷多的伽利略型变换, 以及无穷尽的类时空, 它们都是彼此协调的。还可合理考虑 L-1 是 L-0 的后继, 从而有 L-(-1), 进而有 L-(-2), L-(-3)……。

甚至考虑对任一实数 i 是否存在 L- i 的问题。这就证明了洛伦兹变换的自同构性质。容易

证明诸洛伦兹变换的笛卡儿空间彼此之间是非线性的转换, 因此代表同一惯性系的笛卡儿坐标系不是唯一的。这说明即使在一个惯性系内也不存在统一的时间和空间尺度, 但是这些多元化的时空尺度却都使用着统一的时间量纲(秒)和空间量纲(米)。

此外, 在同一系中, 当在 L-2 中有 $x_2 = c t_2$ 时, 在 L-1 中 $x = ct$ 不能同时成立(因为用以构造 L-2 的 L-1 中的 x, t 满足 $|x|/|t| < c$), 因此如果 c 是光, 光速就是可变的, 即使对于由静源发出的光速来说也是这样, 因为在同一系中 L-2 类时空与 L-1 类时空没有相对运动, 对 L-2 静止的光源对 L-1 也静止, 而 c

却不是二者之间的变换不变量。这样，我们就证明了本文开始预先列出的每一点结论。

参考文献：

[1] 《〈双义相对性原理初探〉》，刘宇晖，海明志杰博客，2009。10

[2] 《〈时间几何性，非光速特征速度和归零伽利略变换〉》，刘宇晖，海明志杰博客，2009。8