

# 驾驶任务对空间知识获取的影响

程子阳

天津师范大学心理学部, 天津

收稿日期: 2022年3月18日; 录用日期: 2022年4月20日; 发布日期: 2022年4月27日

## 摘要

驾驶是日常生活中常见的一种寻路活动, 已有大量文献并尝试解释传统驾驶任务对驾驶员空间知识获取的影响。自动驾驶车辆是当今智能交通的研究热点, 目前正处于由L2等级向L3等级过渡的时期, 自动驾驶过程中寻路行为所引发的空间记忆的相关现象引起了广泛的研究, 且自动驾驶与传统驾驶中的空间记忆规律的差异也逐渐成为研究者重点关注的内容之一。本文将前人在驾驶领域进行的空间认知研究进行了整理, 并对该领域可能的未来研究方向做出展望。

## 关键词

自动驾驶, 空间记忆, 寻路

# Influence of Driving Task on Spatial Knowledge Acquisition

Ziyang Cheng

Faculty of Psychology, Tianjin Normal University, Tianjin

Received: Mar. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: Apr. 20<sup>th</sup>, 2022; published: Apr. 27<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Driving is a common pathfinding activity in daily life. A large number of literatures have been published to explain the influence of traditional driving tasks on drivers' spatial knowledge acquisition. Self-driving vehicles is the research focus in the intelligent transportation, is currently in the L2 level to L3 level transitional period, in the process of the automatic driving pathfinding behavior caused by the phenomenon of spatial memory caused the extensive research, and automatic driving and driving the traditional differences in spatial memory law also gradually become one of the researchers focus on the content. This paper summarizes the previous researches on spatial cognition in driving field, and prospects the possible future research directions in this field.

## Keywords

### Autopilot, Spatial Memory, Pathfinding

Copyright © 2022 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

随着我国经济水平的发展和人民生活水平的提高，驾车出行正逐渐成为一种非常普遍的出行方式，驾驶作为一项生活中常见的基本技能，其过程中的空间知识获取情况一直以来都倍受研究者们关注。自动驾驶技术近年来的兴起为驾驶过程中的空间认知研究带来了新的热点。自动驾驶与近年来导航在空间认知领域扮演的角色类似，作为一种辅助驾驶技术，自动驾驶中的空间知识获取的情况要与传统驾驶中的空间知识获取有非常大的差异。在可预见的将来，自动驾驶必然会成为人类社会最主要的驾驶模式，而且随着自动驾驶技术的不断提高，自动驾驶车辆中驾驶员与乘客的身份界限也正在一步步模糊。本文对该领域的一系列研究进行梳理，阐明该领域前人研究的基本方向及成果，为后续研究的开展提出一些展望与启示。

## 2. 传统驾驶任务对空间知识获取的影响

传统驾驶指驾驶过程中需要驾驶员全程进行所有转向、变道以及加减速操作的驾驶情境，大量实验和现实证据都支持驾驶经验和空间能力之间的紧密关联。心理学家 Appleyard (1970) 曾为委内瑞拉一个城市的发展和规划提供建议，他要求数百名该市居民绘制他们所在地区和整个城市的草图。研究发现，驾驶机动车的人绘制的城市布局草图比那些通过其他方式日常出行的人(如乘坐公共汽车或出租车)画得更好，Appleyard 由此得出结论，交通模式的变化“深刻”影响了人们对环境的表征[1] [2]。随后对年轻人的研究发现了支持该观点的证据，司机比不开车的同龄人能更好地绘制自己社区附近的地图，即积极的空间位移有利于认知“映射”，这也得到了其他证据的支持[3] [4] [5]。例如，Hart (1981)发现，走着去上学的孩子，相比于乘汽车上学的孩子，能更准确地估算家和学校之间的距离；而 Joshi, MacLean, and Carter (1999)发现，相比于那些乘车上学同龄人，走路上学的孩子在他们画出的附近社区草图中会包含更多的地标信息[6] [7]。

与步行等交通方式相比，驾车体验本身具有特殊的地位。Beck & Wood (1976)认为，除了具有流动性更强和活动范围更大的特点，司机在驾驶过程中必须更加警惕地注意环境特征，如街道名称、路标和潜在的地标，以及距离和方向信息等。此外，与行人或骑自行车的人相比，驾驶汽车的人更快速连续地接触地标和空间线索，避免了短期内空间工作记忆存储的衰退，潜在地增强了空间表征的发展和连贯性[8]。这也许可以解释为什么空间制图技能会随着驾驶经验的提高而提高[9]。在伦敦的专业出租车司机中，后海马体(位于颞叶的结构，传统上被认为与认知空间映射有关)的结构体积被扩大，这一现象可能反映了司机们在英国首都复杂的街道驾驶时重复使用了该脑结构[9]。Woollett & Maguire (2010)发现，出租车司机比匹配的控制组更善于学习新环境的布局，能够绘制更准确的新城市环境草图，更善于在该环境中“执行路线” [10]。

Gaunet 等(2001)认为，驾驶员在体验视觉 - 运动交互并自主做出空间位移决策的同时控制自己的动作和位移，可能会直接使空间知识学习受益[11]。这一结论与 Siegel & White (1975)提出的空间学习模型

相匹配,这一理论认为路线学习是空间学习的早期阶段,涉及一系列决策,通过行动与地标的配对关联(“刺激-反应配对”)进行,并由活动促进[12]。Chrastil & Warren (2012)通过对近期文献的广泛理论回顾得出结论,机动车辆控制、相关本体感觉和前庭反馈支持虚拟环境(VEs)中路线和全局地图类型空间知识的发展,但是,包含主动导航和认知决策控制并不是促进因素[13]。

Pick (2010)尝试通过建立年龄与多任务处理能力之间的联系,以解释成人驾驶环境中空间定向与寻路能力水平的维持情况及其随年龄的变化[14]。众所周知,许多基本的感觉和感觉运动功能会随着年龄的增长而减弱,如反应时间、视力、对比敏感度、边缘视觉等,但该研究中的数据表明这些功能的水平似乎与交通事故的发生频率没有高度相关。事实上,年龄的增长会极大地影响人们在不同任务之间分配注意力的能力。在驾驶过程中,特别是在不熟悉的环境中,有两项任务需要分配注意资源:车辆控制和寻路。多任务处理能力的下降很可能会削弱驾驶员在其中一项或两项任务上的表现。由于车辆控制是这些任务中更重要的,所以寻路任务上的注意力很可能会受到更大的影响。

### 3. 自动驾驶任务与空间知识获取

#### 3.1. 自动驾驶

智能化交通方式为交通拥堵、尾气污染等一系列城市顽疾带来了理想的解决方案,作为智能交通的核心,大力发展自动驾驶技术会为未来城市交通带来缓解交通压力、安全性提升和减少空气污染等诸多进步[15]。目前汽车的自动化系统包括可以提示驾驶员的超声波或电磁停车传感器,以及可以接管所有控制任务的技术。考虑到大多数车辆事故都是由人类引起的(Klauer *et al.*, 2006),有人认为驾驶自动化是驾驶员安全的潜在解决方案[16]。

美国汽车工程师协会和国家公路交通安全管理局依据车辆自动化程度,从低到高将自动驾驶车辆定义为L0~L5六个等级,如图1所示,其中L0~L4等级仍需驾驶员参与驾驶活动。L0等级即手动驾驶,计算机系统只提供信号警告,不参与车辆辅助控制;L1等级的辅助驾驶可以提供转向辅助控制或速度辅助控制的其中一种;L2级别自动驾驶可以兼任转向和速度等多项驾驶辅助操作;L3在L2级别上再进一步,车辆可以完成大部分驾驶操作,但仍需驾驶员实时监控路面环境信息以准备及时接管;L4可以被称为高级别的自动驾驶,车辆可以独立完成所有的驾驶操作,无需驾驶员监管驾驶环境,但只能在特定的道路和环境下实现;L5即为理想中的完全自动驾驶情境,车辆可以在任何环境下完成自动驾驶活动。现阶段,市面上主流投放应用的自动驾驶技术为L3等级自动驾驶,故这期间基于L3等级自动驾驶情境的驾驶员心理过程引起了广泛的研究。

Stanton 和 Young (2000)基于实证研究,提出了自动驾驶条件下驾驶员心理因素模型,如图1和图2所示。Heikoop 和 Stanton 等(2015)采用元分析的方法剖析了224篇自动驾驶相关研究,进一步完善了这一模型[18][19]。

#### 3.2. 自动驾驶对空间知识获取的影响

自动驾驶技术在导航辅助技术的基础上创造并发展,在寻路过程中,我们无须自己寻找路线并做出决策,只要输入目的地,计算机导航系统会进行多维度分析,代替我们做出在现有情况下最优的路线规划,车辆再根据该路线规划将我们带至终点。但由于缺乏主动决策、非驾驶任务分心等因素,过度依赖导航和自动驾驶技术可能会对我们的空间知识学习产生消极影响——如果脱离了导航和自动驾驶,驾驶员可能仍会对途径过多次的道路感到陌生。在注重提升自动驾驶安全和导航设备用户体验的同时,其对人的空间知识获取等空间学习过程的影响也值得我们关注[20]。

徐杨(2021)通过对比L2级别自动驾驶情境下驾驶员与手动驾驶情境下驾驶员的空间记忆与视觉特征差异,发现在L2自动驾驶情境下,驾驶员由于无需时刻操控车辆,认知资源得到释放,从而可以更好地

	中国		SAE		驾驶操控者 (横、纵向运动控制)	目标和事件 探测与响应	驾驶状态任务接管 (应急支援)		设计运行条件 (应用场景)
	等级	名称	等级	名称					
人工 驾驶	0级	应急辅助	Level 0	无自动驾驶	人工驾驶员	人工驾驶员为主	人工驾驶员		-
	1级	部分驾驶辅助	Level 1	驾驶辅助	人工驾驶员 和系统	人工驾驶员为主	人工驾驶员		有限制 (部分场景)
	2级	组合驾驶辅助	Level 2	部分自动驾驶	自动驾驶系统	人工驾驶员为主	人工驾驶员		有限制 (部分场景)
自动 驾驶	3级	有条件自动驾驶	Level 3	有条件自动驾驶	自动驾驶系统	自动驾驶系统为主	中国	动态驾驶任务接管用户 (接管后成为驾驶员)	有限制 (部分场景)
							SAE	人工驾驶员	
	4级	高度自动驾驶	Level 4	高度自动驾驶	自动驾驶系统	自动驾驶系统	自动驾驶系统		有限制 (部分场景)
5级	完全自动驾驶	Level 5	完全自动驾驶	自动驾驶系统	自动驾驶系统	自动驾驶系统		无限制 (所有场景)	

Figure 1. The classification of automatic driving levels, based on SAE (Xiaofei Zhou, 2021) [17]

图 1. 自动驾驶等级划分, 本文均以 SAE 为准(周晓飞, 2021) [17]

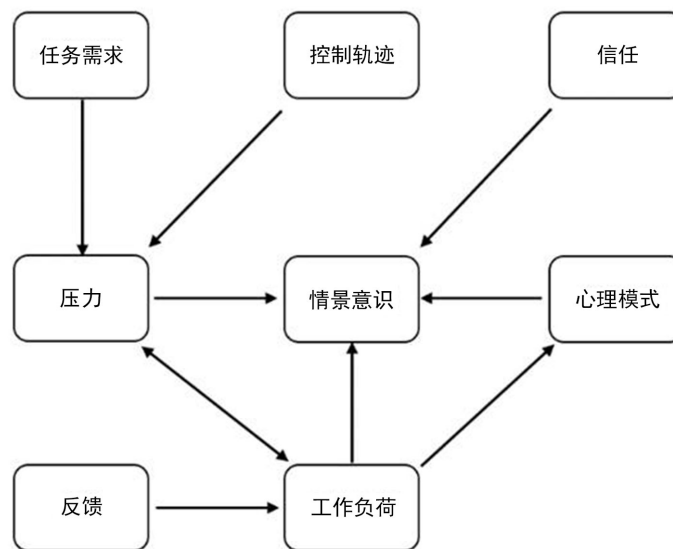


Figure 2. Psychological factors model under autonomous driving conditions (Stanton & Young, 2020)

图 2. 自动驾驶条件下心理因素模型(Stanton & Young, 2020)

加工空间知识, 比手动驾驶情境下驾驶员形成更好的空间记忆; L2 自动驾驶情境下驾驶员对道路两旁环境信息注视时间/次数高于手动驾驶情境下驾驶员, 而对道路交通信息注视时间/次数低于手动驾驶情境下驾驶员[21]。

#### 4. 驾驶角色不同导致的空间知识获取的差异

驾驶角色不同会导致驾驶员/乘客的巡航决策形式不同, 传统驾驶情境中, 驾驶员为主动巡航, 乘客(后座驾驶员)多为被动巡航。主动巡航指的是参与者通过运动和/或意志控制他们在环境中的运动的一种情况, 而被动巡航通常包括一个外界“向导”。主动巡航包含认知(空间信息的心理操纵、注意力分配和

决策)和物理(运动控制、本体感觉和前庭感觉信息)部分,它们结合起来可以创建形式丰富的多模态关联,从而有利于后续的记忆表现。Melissa 等(2019)认为,相对于被动巡航,主动巡航对记忆的益处可以被概念化为被试者的任务效应(subject-performed task effect, SPT 效应) [22]。当编码涉及参与者的直接参与时,例如当执行而不是观看与待记忆单词相关的动作时, SPT 效应描述了一种优越的记忆表现模式,重要的是,随着年龄的增长, SPT 效应保持不变,提高了老年人的记忆能力。根据这一点,主动导航应该提供一种良好的环境支持形式,因为它涉及物理和认知上与待记住的空间信息进行接触的 SPT 效应。

现实场景中驾驶员/乘客(后座驾驶员)的路线学习和巡航与主动巡航研究中的实验设置有许多共同之处。主动巡航研究(几乎只在虚拟环境中研究过)的核心思想是,与相同环境中的更被动的观察者相比,对环境的主动、自我指引下的自由探索能够实现更卓越的空间学习。然而,尽管一些研究支持这一假设,也有相近数量的研究发现,主动巡航和被动巡航之间几乎没有区别[11] [23] [24]。

事实上,甚至在某些情况下,研究数据表现出了被动巡航的优势。例如, Sandamas & Foreman (2007)最初发现被动参与者在经历虚拟现实学习后,比主动参与者更擅长完成地图放置任务,而随后的研究发现如果参与者都事先接受了用于探索虚拟环境的输入设备的培训,则在实验结果中主动优势又重新被凸显出来[25] [26]。Wallet (2008)使用虚拟环境探究在熟悉和非熟悉环境下被动导航和主动导航对空间记忆的影响。在寻路任务中,与被动学习条件相比,虚拟环境中的主动学习有着更好的成绩,而与路线复杂性因素无关;在地图绘制任务中,虚拟环境中的主动学习比被动条件下的表现更好,但仅适用于复杂路线;在路标排序中,没有观察到几种水平下存在差异。

驾驶角色不同影响空间知识获取的另一个因素是驾驶的运动控制。决策和控制在许多方面不同。决策是指向实现潜在的远端目标的过程,例如从家到工作的路程;而控制则囊括的是更直接、更近的目标,比如避开障碍和停车。Bakdash 认为,决策需要环境全局空间布局的表示,而控制可以使用局部信息或不需要全局空间信息的控制启发式来实现[27]。Rul & Steffens (2012)进行了真实环境中的双人自行车驾驶试验,实验结果表明,对于熟悉环境的参与者来说,运动控制有助于驾驶员弥补被动导航的缺点,但运动控制和导航控制对行程整合(Tourintegration)绩效的影响也不是累加的。也就是说,主动导航条件下的驾驶员没有优于主动导航条件下的后座驾驶员或被动导航条件下的驾驶员,与运动控制相比,主动导航控制对于记忆新路线和发展环境的心理表征更为重要[28]。Linkenauer, Bakdash & Proffitt (2008)将决策与控制两者分离,在虚拟环境中探究二者分别单独作用以及二者组合作用时对空间知识获取的影响[27]。结果发现,虚拟环境中,路线决策对环境的空间学习起到了更为关键的作用。尽管决策组和控制组经历了相似的视觉信息,但决策者获得了更为优越的关于虚拟城市的空间知识。事实上,仅凭决策就能获得决策和控制(主动条件)的等价空间知识。

## 5. 总结与展望

自动驾驶技术近年来的兴起为驾驶过程中的空间认知研究带来了新的热点。自动驾驶与近年来导航在空间认知领域扮演的角色类似,作为一种辅助驾驶技术,自动驾驶对空间知识获取的影响要远大于导航设备,在可预见的将来,自动驾驶必然会成为人类社会最主要的驾驶模式,而且随着自动驾驶技术的不断提高,自动驾驶车辆中驾驶员与乘客的身份界限正在一步步模糊。所以探究这种新的驾驶模式下驾驶员与乘客在空间知识获取的差异是非常有意义的。

尽管已有许多研究表明驾驶行为影响了空间知识的获取,并对这一现象进行了多维度、多手段的分析,但以往研究可能仍存在几点不足:首先,在方法技术上,很少有研究直接地揭示在加工一个全新环境时,驾驶模式是否会带来不同的空间记忆表现。第二,较少有研究比较不同的驾驶模式(手动驾驶/自动驾驶)情境下,乘客获取空间知识的表现,及其背后的机制是否存在差异。第三,在任务范式上,以往研

究的场景不够立体,大多局限于先进行二维平面地图的学习,随后在两个相近的地点之间进行巡航作为测试,或者是类似的“there and back”任务,并且涉及的场景也相对较小,这在很大程度上削弱了结果的生态效度。最后,以往真实场景中的研究结果能否与虚拟场景中的研究结果相一致也值得我们关注。

## 参考文献

- [1] Appleyard, D. (1970) Styles and Methods of Structuring a City. *Environment & Behavior*, **2**, 100-116. <https://doi.org/10.1177/001391657000200106>
- [2] Hart, R.A. and Berzok, M. (1982) Children's Strategies for Mapping the Geographic-Scale Environment. In: Potegal, M., Ed., *Spatial Abilities: Development and Physiological Foundations*, Academy Press, New York, 147-169.
- [3] Andrews, H.F. (1973) Home Range and Urban Knowledge of School-Age Children. *Environment & Behavior*, **5**, 73-86. <https://doi.org/10.1177/001391657300500105>
- [4] Brown, M.A. and Broadway, M.J. (1981) The Cognitive Maps of Adolescents: Confusion about Intertown Distances. *Professional Geographer*, **33**, 315-325. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1981.00315.x>
- [5] O'Keefe, J. and Nadel, L. (1978) *The Hippocampus as a Cognitive Map*. Oxford University Press, Oxford.
- [6] Hart, R.A. (1981) Children's Spatial Representation of the Landscape: Lessons and Questions from a Field Study. In: Liben, L.S., Patterson, A.H. and Newcombe, N., Eds., *Spatial Representation and Behaviour across the Lifespan*, Academic Press, New York, 195-232.
- [7] Joshi, M.S., MacLean, M. and Carter, W. (1999) Children's Journey to School: Spatial Skills, Knowledge and Perceptions of the Environment. *British Journal of Developmental Psychology*, **17**, 125-139. <https://doi.org/10.1348/026151099165195>
- [8] Beck, R.J. and Wood, D. (1976) Cognitive Transformation of Information from Urban Geographic Fields to Mental Maps. *Environment & Behavior*, **8**, 119-238. <https://doi.org/10.1177/001391657682003>
- [9] Maguire, E.A., Woollett, K. and Spiers, H. (2006) London Taxi Drivers and Bus Drivers: A Structural MRI and Neuropsychological Analysis. *Hippocampus*, **16**, 1091-1101. <https://doi.org/10.1002/hipo.20233>
- [10] Woollett, K. and Maguire, E.A. (2010) The Effect of Navigational Expertise on Way Finding in New Environments. *Journal of Environmental Psychology*, **30**, 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.03.003>
- [11] Gaunet, F., Vidal, M., Kemeny, A. and Berthoz, A. (2001) Active, Passive and Snapshot Exploration in a Virtual Environment: Influence on Scene Memory, Reorientation and Path Memory. *Cognitive Brain Research*, **11**, 409-420. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(01\)00013-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(01)00013-1)
- [12] Siegel, A.W. and White, S.H. (1975) The Development of Large-Scale Environments. *Advances in Child Development and Behaviour*, **10**, 9-55. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)60007-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)60007-5)
- [13] Chrastil, E.R. and Warren, W.H. (2012) Active and Passive Contributions to Spatial Learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, **19**, 1-23. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0182-x>
- [14] Pick, H.L. (2010) *Spatial Orientation and Navigation in Elderly Drivers* (Report No. CTS 10-13). Intelligent Transportation Systems Institute, Center for Transportation Studies, University of Minnesota, Minneapolis.
- [15] Meyer, G. and Beiker, S. (2014) *Research and Innovation for Automated Driving in Germany and Europe*. Springer International Publishing, Berlin. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05990-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05990-7_7)
- [16] Klauer, S.G. and Sudweeks, J. (2006) *How Risky Is It*. American Council on Science & Health, New York.
- [17] 周晓飞. 智能网联汽车基础(二)——自动驾驶概述[J]. 汽车维修与保养, 2021(11): 81-83.
- [18] Stanton, N. and Young, M. (2000) A Proposed Psychological Model of Driving Automation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, **1**, 315-331. <https://doi.org/10.1080/14639220052399131>
- [19] Heikooop, D.D., de Winter, J.C.F., van Arem, B. and Stanton, N.A. (2015) Psychological Constructs in Driving Automation: A Consensus Model and Critical Comment on Construct Proliferation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, **17**, 284-303. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2015.1101507>
- [20] Montello, D.R. (2009) Cognitive Research in GIScience: Recent Achievements and Future Prospects. *Geography Compass*, **3**, 1824-1840. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2009.00273.x>
- [21] 徐杨. L2 自动驾驶情境下驾驶员空间记忆与视觉特征[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津师范大学, 2021.
- [22] Brooks, B.M. (1999) The Specificity of Memory Enhancement during Interaction with a Virtual Environment. *Memory*, **7**, 65-78. <https://doi.org/10.1080/741943713>
- [23] Wilson, P.N. (1999) Active Exploration of a Virtual Environment Does Not Promote Orientation or Memory for Objects. *Environment and Behavior*, **31**, 752-763. <https://doi.org/10.1177/00139169921972335>

- 
- [24] Wilson, P.N., Foreman, N., Gillett, R. and Stanton, D. (1997) Active versus Passive Processing of Spatial Information in a Computer Simulated Environment. *Ecological Psychology*, **9**, 207-222. [https://doi.org/10.1207/s15326969eco0903\\_3](https://doi.org/10.1207/s15326969eco0903_3)
- [25] Sandamas, G. and Foreman, N. (2007) Spatial Reconstruction Following Virtual Exploration in Children Aged 5-9 Years: Effects of Age, Gender and Activity-Passivity. *Journal of Environmental Psychology*, **27**, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.03.001>
- [26] Sandamas, G., Foreman, N. and Coulson, M. (2009) Interface Familiarity Restores Active Advantage in a Virtual Exploration and Reconstruction Task in Children. *Spatial Cognition and Computation*, **9**, 96-108. <https://doi.org/10.1080/13875860802589202>
- [27] Witt, J.K., Linkenauger, S.A., Bakdash, J.Z. and Proffitt, D.R. (2008) Putting to a Bigger Hole: Golf Performance Relates to Perceived Size. *Psychonomic Bulletin & Review*, **15**, 581-585. <https://doi.org/10.3758/PBR.15.3.581>
- [28] Stülpmagel, R. and Steffens, M.C. (2012) Can Active Navigation Be as Good as Driving? A Comparison of Spatial Memory in Drivers and Backseat Drivers. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **18**, 162-177. <https://doi.org/10.1037/a0027133>