

现代自由意志问题研究概况（拟）

HS1569.01 Group.8

中国科学技术大学

2021 年 12 月 24 日

- ① 自由意志的起源（拟）
- ② 自由意志定理
- ③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）
- ④ 参考文献

- ① 自由意志的起源（拟）
- ② 自由意志定理
- ③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）
- ④ 参考文献

① 自由意志的起源（拟）

② 自由意志定理

引言

自由意志定理的叙述

对自由意志定理的批判

自由意志定理的影响

③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）

④ 参考文献

① 自由意志的起源（拟）

② 自由意志定理

引言

自由意志定理的叙述

对自由意志定理的批判

自由意志定理的影响

③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）

④ 参考文献

引言

- 有关自由意志的讨论是与物理学的发展紧密相连的。牛顿力学、原型决定论与自由意志长期处于紧张的状态：自然定律控制着我们，就像木偶大师控制着木偶那样。

引言

- 有关自由意志的讨论是与物理学的发展紧密相连的。牛顿力学、原型决定论与自由意志长期处于紧张的状态：自然定律控制着我们，就像木偶大师控制着木偶那样。
- 约翰·康威 (John Conway) 和西蒙·科亨 (Simon Kochen) 已经证实了自由意志定理 (Free Will Theorem)，认为量子力学无论是决定论的还是随机的，连同相对论一起，不仅与自由意志是相容的，而且在某种意义上也需要它。

引言

- 有关自由意志的讨论是与物理学的发展紧密相连的。牛顿力学、原型决定论与自由意志长期处于紧张的状态：自然定律控制着我们，就像木偶大师控制着木偶那样。
- 约翰·康威（John Conway）和西蒙·科亨（Simon Kochen）已经证实了自由意志定理（Free Will Theorem），认为量子力学无论是决定论的还是随机的，连同相对论一起，不仅与自由意志是相容的，而且在某种意义上也需要它。
- 这一部分主要是想剖析自由意志定理在假设什么、结论是什么以及它是否自由意志的讨论提供了一个新的线索。

① 自由意志的起源 (拟)

② 自由意志定理

引言

自由意志定理的叙述

对自由意志定理的批判

自由意志定理的影响

③ 自由意志在人工智能方面的应用 (拟)

④ 参考文献

自由意志定义和实验概述

- 康威和科亨使用的自由意志定义是：not determined by past history，意思是做出的选择不能由过去发生过的历史所确定。用更为数学的语言来说，就是“不是宇宙所有过去历史的函数”。

自由意志定义和实验概述

- 康威和科亨使用的自由意志定义是：not determined by past history，意思是做出的选择不能由过去发生过的历史所确定。用更为数学的语言来说，就是“不是宇宙所有过去历史的函数”。
- 考虑一种实验情况：一对粒子 a 和 b, 其总自旋为 1，向相反的方向移动，以及两个实验者 A 和 B，它们可以分别在 a 和 b 的自旋上进行实验。

自由意志定义和实验概述

- 康威和科亨使用的自由意志定义是：not determined by past history，意思是做出的选择不能由过去发生过的历史所确定。用更为数学的语言来说，就是“不是宇宙所有过去历史的函数”。
- 考虑一种实验情况：一对粒子 a 和 b，其总自旋为 1，向相反的方向移动，以及两个实验者 A 和 B，它们可以分别在 a 和 b 的自旋上进行实验。
- 实验者 A 可以对 a 进行实验，以确定其沿三个正交方向 (x, y, z) 的自旋；实验者 B 可以对 b 进行实验，以确定其沿 w 方向的自旋。

第一个公理假设：SPIN

- 量子理论预测，实验的可能结果会受到限制，因此只有某些值才能从测量中脱颖而出。

第一个公理假设: SPIN

- 量子理论预测, 实验的可能结果会受到限制, 因此只有某些值才能从测量中脱颖而出。

SPIN Axiom (Conway, Kochen, 2006)

在三个正交方向上测量自旋为 1 的粒子的自旋平方 (分量), 给出的结果总是 1, 1, 0 的一个排列。

第二个公理假设：TWIN

TWIN Axiom (Conway, Kochen, 2009)

如果 a 与 b 是纠缠的粒子，假设实验者 A 在三个正交方向 (x, y, z) 上测量粒子 a 的自旋平方分量，而实验者 B 在一个方向 w 上测量孪生粒子 b ，如果 $w \in \{x, y, z\}$ ，则

$$\text{result}(w) \in \{\text{result}(x), \text{result}(y), \text{result}(z)\}$$

第三个公理假设：FIN&MIN

引理：Bell

任何关于定域隐变数的物理理论无法克隆量子力学的每一个预测。

- 这定理在物理学和科学哲学里异常重要，因为这定理意味着量子物理必需违背定域性原理（认为一个特定物体，只能被它周围的力量影响）。关于贝尔定理所证明的发现，目前尚未取得完全一致的结论。

第三个公理假设：FIN&MIN

FIN (Conway, Kochen, 2009)

信息可以有效传输的速度存在一个有限的上界。

- 安吉洛·巴希 (Angelo Bassi)、简·卡洛·吉拉尔迪 (Gian Carlo Ghirardi) 以及罗德里赫·图姆尔喀 (Roderich Tumulka) 认为, FIN 假设等价于一个地点条件, 即假设一个空间区域的事件不影响与它分离的类似空间区域的事件 (Bassi, Ghirardi, 2007; Tumulka, 2007)。倘若如此, 康威和科亨的发现便是 Bell 的另一个例子。因此, 这些作者认为, 基于错误的 FIN 假设的康威和科亨定理是不正确的。

第三个公理假设：FIN&MIN

- 对此，康威和科亨重新诠释了自由意志定理，并将其称为“强自由意志定理” (Strong Free Will Theorem) (Conway, Kochen, 2009)，使用了另一个被称为 MIN 的公理，而不是 FIN。

第三个公理假设：FIN&MIN

- 对此, 康威和科亨重新诠释了自由意志定理, 并将其称为“强自由意志定理” (Strong Free Will Theorem) (Conway, Kochen, 2009), 使用了另一个被称为 MIN 的公理, 而不是 FIN。

MIN (Conway, Kochen, 2009)

当对两个向相反方向移动的孪生粒子进行实验时, 总是需要一个最短的时间以实现信息从一个粒子移动到另一个粒子。

第三个公理假设：FIN&MIN

- 对此, 康威和科亨重新诠释了自由意志定理, 并将其称为“强自由意志定理” (Strong Free Will Theorem) (Conway, Kochen, 2009), 使用了另一个被称为 MIN 的公理, 而不是 FIN。

MIN (Conway, Kochen, 2009)

当对两个向相反方向移动的孪生粒子进行实验时, 总是需要一个最短的时间以实现信息从一个粒子移动到另一个粒子。

- 假设 A 和 B 所进行的实验是类空间的分离, B 能自由地选择任何一个方向作为 w , 而 a 的反应与这种选择无关, 反之亦然。

引入决定论假设 DET，反证法证明

- 除了 SPIN、TWIN 与 MIN 以外，定理中还有另一个假设，即对其中一个粒子进行的实验结果在功能上取决于先前的状态。也就是说，存在两个函数，即粒子 a 的 F_a 和粒子 b 的 F_b ，每个函数都用初始状态来表示结果。“粒子 a 的回应是其可用信息的函数。” (Conway, Kochen, 2006)

引入决定论假设 DET，反证法证明

- 除了 SPIN、TWIN 与 MIN 以外，定理中还有另一个假设，即对其中一个粒子进行的实验结果在功能上取决于先前的状态。也就是说，存在两个函数，即粒子 a 的 F_a 和粒子 b 的 F_b ，每个函数都用初始状态来表示结果。“粒子 a 的回应是其可用信息的函数。” (Conway, Kochen, 2006)
- 由于 SPIN 和 TWIN，函数 F_a 和 F_b 只能假设为一个特定范围的值，并且这两个特定函数之间的特殊关系成立，称为“101-函数”。考虑到 MIN，康威和科亨提供了一个几何证明：这样的 101-函数在当前的实验环境中不存在。从而导致

SPIN & TWIN & MIN & DET = FALSE

引入决定论假设 DET, 反证法证明

- 要解决这种矛盾, 应拒绝其中一个前提。康威和科亨认为, TWIN 和 SPIN 是量子力学的核心, 不应该被拒绝。类似地, MIN 是相对论的结果, 也很难否认。因此他们认为, 唯一的选择是拒绝 DET。康威和科亨还认为, 否认 DET 就等同于界定粒子是自由的。如果我们定义

$$\text{粒子有自由意志} = \sim \text{DET}$$

就有决定论的“强自由意志定理”(简称 sFWTd)

$$\text{SPIN} \ \& \ \text{TWIN} \ \& \ \text{MIN} = \text{粒子有自由意志}$$

引入决定论假设 DET, 反证法证明

- 要解决这种矛盾, 应拒绝其中一个前提。康威和科亨认为, TWIN 和 SPIN 是量子力学的核心, 不应该被拒绝。类似地, MIN 是相对论的结果, 也很难否认。因此他们认为, 唯一的选择是拒绝 DET。康威和科亨还认为, 否认 DET 就等同于界定粒子是自由的。如果我们定义

$$\text{粒子有自由意志} = \sim \text{DET}$$

就有决定论的“强自由意志定理”(简称 sFWTd)

$$\text{SPIN} \& \text{TWIN} \& \text{MIN} = \text{粒子有自由意志}$$

- 他们还构造了一个将随机过程转化为决定过程的方法, 并在此基础上证明了他们的 (sFWTd) 对随机理论也成立, 记为 (sFWTd& i)。

① 自由意志的起源（拟）

② 自由意志定理

引言

自由意志定理的叙述

对自由意志定理的批判

自由意志定理的影响

③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）

④ 参考文献

批判 MIN 假设

- 有几位作者批判了上述观点。戈尔茨坦 (Goldstein) 等人认为, MIN 与 FIN 一样, 等同于一种定域条件 LOC, 对于决定论, 按照他们的观点, (sFTWd) 可以等价于

SPIN & TWIN & LOC & DET = *FALSE*

批判 MIN 假设

- 有几位作者批判了上述观点。戈尔茨坦 (Goldstein) 等人认为, MIN 与 FIN 一样, 等同于一种定域条件 LOC, 对于决定论, 按照他们的观点, (sFTWd) 可以等价于

$$\text{SPIN} \ \& \ \text{TWIN} \ \& \ \text{LOC} \ \& \ \text{DET} = \text{FALSE}$$

- 而 Bell 表明

$$\text{SPIN} \ \& \ \text{TWIN} \ \& \ \text{LOC} = \text{FALSE}$$

批判 MIN 假设

- 有几位作者批判了上述观点。戈尔茨坦 (Goldstein) 等人认为, MIN 与 FIN 一样, 等同于一种定域条件 LOC, 对于决定论, 按照他们的观点, (sFTWd) 可以等价于

$$\text{SPIN} \ \& \ \text{TWIN} \ \& \ \text{LOC} \ \& \ \text{DET} = \text{FALSE}$$

- 而 Bell 表明

$$\text{SPIN} \ \& \ \text{TWIN} \ \& \ \text{LOC} = \text{FALSE}$$

- 因此 (sFTWd) 中的矛盾不能像康威和科亨那样通过拒绝 DET 来解决, 人们必须拒绝 LOC 或 SPIN & TWIN。由此, 批判者们得出结论: 如果决定论导致参数独立性 (PI 是 a 的实验结果, 与实验者 B 在 b 上进行的实验所选择的参数无关) 不再成立, 就不应该接受 MIN 和 (sFTWd)。

循环论证

- 回看 MIN 的定义，人们会注意到还有一个假设没有被详细说明：

“..... 实验者 B 可以自由选择....”

(Conway, Kochen, 2009)，因此，(sFWTd & i) 的核心是，如果实验者有自由意志，那么这些粒子也是自由的。也就是说，强自由意志定理的前提条件是实验者有自由意志，这导致了循环论证。

循环论证

- 回看 MIN 的定义，人们会注意到还有一个假设没有被详细说明：

“..... 实验者 B 可以自由选择....”

(Conway, Kochen, 2009), 因此, (sFWTd & i) 的核心是, 如果实验者有自由意志, 那么这些粒子也是自由的。也就是说, 强自由意志定理的前提条件是实验者有自由意志, 这导致了循环论证。

- 也就是说, 强自由意志定理的前提条件是 (Cond.sFWT)

(SPIN & TWIN & MIN') & 实验者有自由意志 = 粒子有自由意志

其中, MIN' 是 MIN 中不假设人有自由意志的部分。以这种方式形成的定理会让它失去对自由主义哲学家大部分的吸引力。

① 自由意志的起源（拟）

② 自由意志定理

引言

自由意志定理的叙述

对自由意志定理的批判

自由意志定理的影响

③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）

④ 参考文献

“实验者有自由意志”是真的吗？

- 问题是“实验者有自由意志”假设是真的吗？这里“人有自由意志”所表明的是“实验者可以自由选择可能的实验。”(Conway, Kochen, 2009) 这种自由感与一个决定性的宇宙并不矛盾：即使只有一个可能的未来，实验者也不知道是哪一个。因此，为了所有相关的目的，一个人只需要一种认知，而不是一个关于自由概念的形而上学观点。

“实验者有自由意志”是真的吗？

- 问题是“实验者有自由意志”假设是真的吗？这里“人有自由意志”所表明的是“实验者可以自由选择可能的实验。”(Conway, Kochen, 2009) 这种自由感与一个决定性的宇宙并不矛盾：即使只有一个可能的未来，实验者也不知道是哪一个。因此，为了所有相关的目的，一个人只需要一种认知，而不是一个关于自由概念的形而上学观点。
- 因此“实验者有自由意志”不一定是在否认 DET：它可能只是一个相容的自由概念。

“实验者有自由意志”是真的吗？

- 问题是“实验者有自由意志”假设是真的吗？这里“人有自由意志”所表明的是“实验者可以自由选择可能的实验。”(Conway, Kochen, 2009) 这种自由感与一个决定性的宇宙并不矛盾：即使只有一个可能的未来，实验者也不知道是哪一个。因此，为了所有相关的目的，一个人只需要一种认知，而不是一个关于自由概念的形而上学观点。
- 因此“实验者有自由意志”不一定是在否认 DET：它可能只是一个相容的自由概念。
- 然而，康威和科亨并未考虑这种可能性，因为他们认为决定论是“不严肃的”，他们想要的是自由主义者的自由观念。但问题是，他们没有为它提供任何论据，只是简单地写道，如果决定论是正确的，那就没有办法理解科学。然而，情况并非如此。他们的担心似乎是，如果决定论是正确的，那么实验者进行实验便毫无意义。倘若如此，他们便将实践中的可预测性与原则上的可预测性混为一谈；如果决定论是正确的，原则上便可以预测所有可能进行的实验结果，但这并不意味着实验者实际上有或必须有必要的信息来进行这种计算。因此，兼容论者所认为的自由似乎足以理解科学。事实上，兰德斯曼也同样认为自由意志定理中的自由概念是相容的 (Landsman, 2017)。

自由状态定理

- 让我们考虑“实验者有自由意志”假设在自由意志定理的证明中所起的作用。前文已指出，它可能只表达了这样一种观点：世界似乎可以进行不同的实验，而非世界实际上有一个开放的未来，它与一个具有自由意志的决定性宇宙完全兼容。

自由状态定理

- 让我们考虑“实验者有自由意志”假设在自由意志定理的证明中所起的作用。前文已指出，它可能只表达了这样一种观点：世界似乎可以进行不同的实验，而非世界实际上有一个开放的未来，它与一个具有自由意志的决定性宇宙完全兼容。
- 正因如此，“实验者有自由意志”的假设在证明中应该不是必要的，这超出了这里讨论的范围。

自由状态定理

- 让我们考虑“实验者有自由意志”假设在自由意志定理的证明中所起的作用。前文已指出，它可能只表达了这样一种观点：世界似乎可以进行不同的实验，而非世界实际上有一个开放的未来，它与一个具有自由意志的决定性宇宙完全兼容。
- 正因如此，“实验者有自由意志”的假设在证明中应该不是必要的，这超出了这里讨论的范围。
- 有趣的是，康威和科亨似乎认识到，定理可作一点改良，不需要自由意志假设。最终，他们提出了一个不包含“实验者有自由意志”假设的自由意志定理的版本，并称之为“自由状态定理”（简称 FST）(Conway, Kochen, 2006)

SPIN & TWIN & MIN' = 粒子有自由意志

定理对自由意志问题讨论的影响

- 如果不需要“实验者有自由意志”的假设，并且 FST 是合理的，则无论我们是否是自由的，粒子都是自由的。然而，FST 是否能证明粒子是自由的呢？兰德斯曼认为，应该从相容主义的角度来看待这个定理 (Landsman,2017)。

定理对自由意志问题讨论的影响

- 如果不需要“实验者有自由意志”的假设，并且 FST 是合理的，则无论我们是否是自由的，粒子都是自由的。然而，FST 是否能证明粒子是自由的呢？兰德斯曼认为，应该从相容主义的角度来看待这个定理 (Landsman, 2017)。
- 但如前所述，康威和科亨明确地否定了相容论 (他们否定决定论)，因此他们必须遵循“粒子都是自由的”。然而这很难定义，自由意志主义者的核心思想认为我们与粒子有着根本上的不同，尤其是粒子没有自由意志，只有我们作为主体才有自由意志。

定理对自由意志问题讨论的影响

- 如果不需要“实验者有自由意志”的假设，并且 FST 是合理的，则无论我们是否是自由的，粒子都是自由的。然而，FST 是否能证明粒子是自由的呢？兰德斯曼认为，应该从相容主义的角度来看待这个定理 (Landsman,2017)。
- 但如前所述，康威和科亨明确地否定了相容论 (他们否定决定论)，因此他们必须遵循“粒子都是自由的”。然而这很难定义，自由意志主义者的核心思想认为我们与粒子有着根本上的不同，尤其是粒子没有自由意志，只有我们作为主体才有自由意志。
- 康威和科亨认为“自由粒子”的意思是“粒子是受到量子力学公理约束的随机表现”。他们认为推断出的粒子自由受到了更多限制，因为它受到 TWIN 公理的限制 (Conway,Kochen,2009)。这与他们的假设相容，即“粒子有自由意志”就是反决定论的。

定理对自由意志问题讨论的影响

- 然而，我认为这一点也没有帮助。受限制的随机性仍然是随机的，而认为随机性不是自由的传统反对意见仍然存在。这种限制的随机性意味着粒子的行为受到规律的支配，这些规律对它们的随机行为施加了约束。这意味着粒子就如同提线木偶，线绳能随机抖动，但也不能超过一定的限制。和完全随机性的情况一样，即粒子不能控制它们的行为。如果一个人愿意，可以称之为“自由”，但这个概念与我们对自由的共同理解没有多大关系。

定理对自由意志问题讨论的影响

- 然而，我认为这一点也没有帮助。受限制的随机性仍然是随机的，而认为随机性不是自由的传统反对意见仍然存在。这种限制的随机性意味着粒子的行为受到规律的支配，这些规律对它们的随机行为施加了约束。这意味着粒子就如同提线木偶，线绳能随机抖动，但也不能超过一定的限制。和完全随机性的情况一样，即粒子不能控制它们的行为。如果一个人愿意，可以称之为“自由”，但这个概念与我们对自由的共同理解没有多大关系。
- 总结来看，我认为这个定理对自由意志辩论的影响是令人失望的。即使定理证明了“粒子有自由意志”的一些方面，但这样的属性要么是不连贯的（因为自由意志主义的自由归因于粒子似乎是矛盾的），要么是“限制的”随机性，因此很难看出它可能与传统意指的自由的概念有关。

- ① 自由意志的起源（拟）
- ② 自由意志定理
- ③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）
- ④ 参考文献

- ① 自由意志的起源（拟）
- ② 自由意志定理
- ③ 自由意志在人工智能方面的应用（拟）
- ④ 参考文献

关于 Bib Tex 的更多内容请自行查找

Thank you!