

生物医学知识整合论（X）

包含飞

上海中医药大学中医学信息化-标准化研究室

201203, bhf2002@online.sh.cn

摘要 本文从联结度演化的角度描述了人工智能各种知识表达的关系。还讨论了人工智能领域（AI）和数学领域旷日持久的哲学争论与生物医学知识整合论（BMKI）在生物医学知识属性探讨中发现、提出和得出的一系列讨论或结论的同源性、对应性、互析（晰）性。并首次提出如下新概念：准无穷概念及其在理性与非理性相互转化中的作用；准物理性知识概念及其对物理系统的开放性、不可确定性的依附性；“大或空间”概念及其与科学联想的关系等。笔者相信在生物医学信息学（BMI）的知识工程学的发展中，将不可避免地会遇到这些新概念。

关键词 医学信息学 生物信息学 生物医学知识整合论 医学人工智能

1.人工智能的二种观点

H.L. Dreyfus 和 S.E. Dreyfus 在其一篇题为“造就心灵还是建立大脑模型：人工智能的分歧点”^[1]的文章中描述了人工智能中两种基本模型的本质差异。为清晰起见，本文作者把两个对立的哲学阵营的对智能的理解总结为表 1。

很明显生物医学知识整合论（The Theory of Bio-Medical Knowledge Integration, BMKI）^[2-14]不可回避如此重大的问题。但 BMKI 对两种模型孰优孰劣不感兴趣，因为按照 BMKI 的基础哲学观点，两者的关系属于 BMKI 提出的“正补律”，正性事物与其补性事物相互以对方为存在条件，“没有你就没有我”。所以二者关系只能是互补的，就像事物的正反两面一样，任何一方都无法独立存在。最令 BMKI 感兴趣的问题是：何种深层原因造就了两类不同模型？两类模型之间是何种关系？它们之间如何相互转化？

经分析，本文作者给出了一个从命题逻辑、谓词逻辑，经过框架，到神经网络，连续系统和真实事物之间的基于离散性、联结性和连续性的演绎过程（见图 1）。图中同时显示了各种类型的知识表达形式的在物理世界的映射、适用或覆盖范围。

用与“日常语境无关的”基本元素和规则表达世界、表达知识、理解世界、操作知识世界的理念实际上是“整个西方哲学”，从苏格拉底、柏拉图、笛卡尔、莱布尼茨、康德，直到 AI 的符号-逻辑模型派，一直是沿着这条哲学信仰轨道走过来的。但据笔者的理解，至明斯基提出思维或知识的框架模型时，知识已被表示为一个事物的各元素、各关系（或属性）之间的平行存在关系，即已反映出元素和关系之间的共存性或不可分离性，传统逻辑的娇弱的“推理链”由“推理网”取代。推理过程不得不像“螃蟹走路”那样众腿并举。

但明斯基本人似乎还没有清晰地悟到元素和关系与环境的不可分离性，他曾极力反对神经网络这一人工智能新分支。后者认为“基本因素与关系依赖于语境”。即在一些情况下，元素和关系是无法从环境中剥离出来的。这一哲学理念乳汁哺育了神经网络的成长。

在图 1 中，笔者根据事物的关系被激活与否，把知识分为两类：

定义 1 势态知识为一个由一组元素和处于未激活状态的关系组成的知识单元。例如一套程序代码，一个语义网络，一个框架表示的知识单元，一个为未运转的神经网络，仓库中的电影拷贝等；

定义 2 动态知识为一个由一组元素和处于激活状态的关系组成的知识单元。例如一个规则库及其正在运行的操作程序，一个操作中的语义网络，一个运转中的神经网络，一个过程，一部放映中的电影或录像等。

2.二种观点在数学领域的反映

人工智能中这场哲学之争对应于数学领域中关于逻辑主义（或形式主义，公理系统）和直觉主义之间的争论。具体包括如关于系统的相容性自证性（完备性），排中律的价值和存在性量的计算，未定义概念，命题有解无解的判定等问题激烈争论和根本分歧。

分歧集中体现在希尔伯特（Hilbert David）的形式系统与哥德尔（Godel Kurt）的“不完备定律”之间的冲突。

希尔伯特在其 1927 年完成，1930 年发表的《数学的基础》一文中详细论述了他的观点：使用他的元数学方法（证明论）来建立相容性和完备性。所谓相容性是指某公理系统的一致性，不存在相互矛盾或冲突；所谓完备性是指该公理系统可以自我证明所有的命题，无需引进外来的未经证明的命题。

但哥德尔的研究结果对希尔伯特的公理形式系统是毁灭性的。哥德尔在 1931 年证明，对于足够复杂的形式系统 S 而言，如果 S 在逻辑上是无矛盾的，则必然是不完备的，即其相容性是不可能“自我证明”的。^[15]

3.二种观点在 BMKI 中的反映

发生在 AI 及数学领域中旷日持久的激烈争论、分歧、失败与成功的局面就是生物医学信息学（BMI）知识工程学的明天。然而也许由于过于年轻，BMI 对这一切几乎浑然不知。BMKI “少年壮志”，以生物医学知识整合这一艰苦无比的、“愚公移山”式的科学目标为己任。为此目的，它必须直面这浩如烟海、林林总总、形态上千姿百态和性质上千差万别的知识世界，苦苦地寻求它们之间的差异、统一及和谐。正所谓“穷人的孩子早当家”，当它若饥若渴地上下求索并发现、提出和得出一系列讨论或结论时，它惊奇地发现这些讨论或结论与 AI 和数学领域的先哲们的讨论或结论的同源性、对应性、互析（晰）性。换言之，BMKI 是从对生物医学知识性质的深入考察中而不是从哲学或数学研究中闯入这一哲学交汇和冲突地带的，因此带有明显的独立性。读者可以从笔者关于 BMKI 的系列文章（生物医学知识整合论（1）-（10））中清楚地看到一系列新讨论和新结论的发生和发展的曲曲折折的轨迹，最后通向人工智能和数学领域中的一些共同的焦点问题。BMKI 希望它的讨论或结论对寻求这些焦点问题的解有所帮助。

BMKI 发现、提出或得出了如下讨论或结论：

- (1) 知识背景理论(与 AI 中的“语境相关性”观点及数学中的形式系统的不完备性相应);
物理系统和意识系统的异质理论(物理系统本质上为开放的、非排外性的、不可确定的;而意识性系统是可封闭的、可排外性的、可确定的。解释了诸如“教士和食人者”等 AI 难题);
- (2) 知识的准物理性(见下文,此概念为 BMKI 首创)及其对相应的物理系统的开放性和不确定性的依附性;
- (3) 形式系统由认知目标决定理论(未见到先在的同类理论,见图 2 所示的认知悖论循环,即确定性与非确定的相互转化);
- (4) 灯塔-罗盘知识整合策略(形象化的理性知识与经验性知识相结合的整合策略,为 BMKI 的第一策略);
- (5) 知识正补律(对知识及其背景的更深层次的理解);
- (6) 准无穷概念(理性无穷在物理世界的映射,未见到先在的严格相同的概念);
- (7) 维度整合为新属性产生的动力理论(由 BMKI 首次明确提出的科学哲学观点);
- (8) 物数学(BMKI 首次提出的推理场被强物理属性或关系强行中断和转化的新研究);
- (9) 星转斗移模式(由 BMKI 首次提出的虚拟人体的循环动态模式);
- (10) 理性-非理性转化理论(由 BMKI 首次提出的准无穷效应充当理性-非理性转化桥梁的理解,见下文);
- (11) Int(G, H)领域:为 BMKI 首次提出的新探索领域,注重研究希尔伯特的形式主义和哥德尔的不完备性定律冲突在 BMKI 中的对应事物及其转化。图 3 示意客观物理系统到纯理性形式系统的演变过程,在演变过程中完成了两类系统的性质的改变。

表 1 符合-逻辑模型与神经网络模型的对比

	符合-逻辑模型	神经网络模型
代表性学者	Newell A, Simon H, Minsky M,	Wittgenstein L, Rosenblatt F, Heidegger M, etc
本质	心灵模型	大脑模型
哲学背景	原子论	现象学
观点分歧	二元字符串可以代表任何事物,元素 与环境无关	常识世界不能描述为与环境无关的元 素
方法学	发现原始元素和逻辑规则	整体和联结的方法
特征性问题	为使系统拥有特征 X, 系统应该有什么 结构?	何种系统可以逐步获得特征 X?

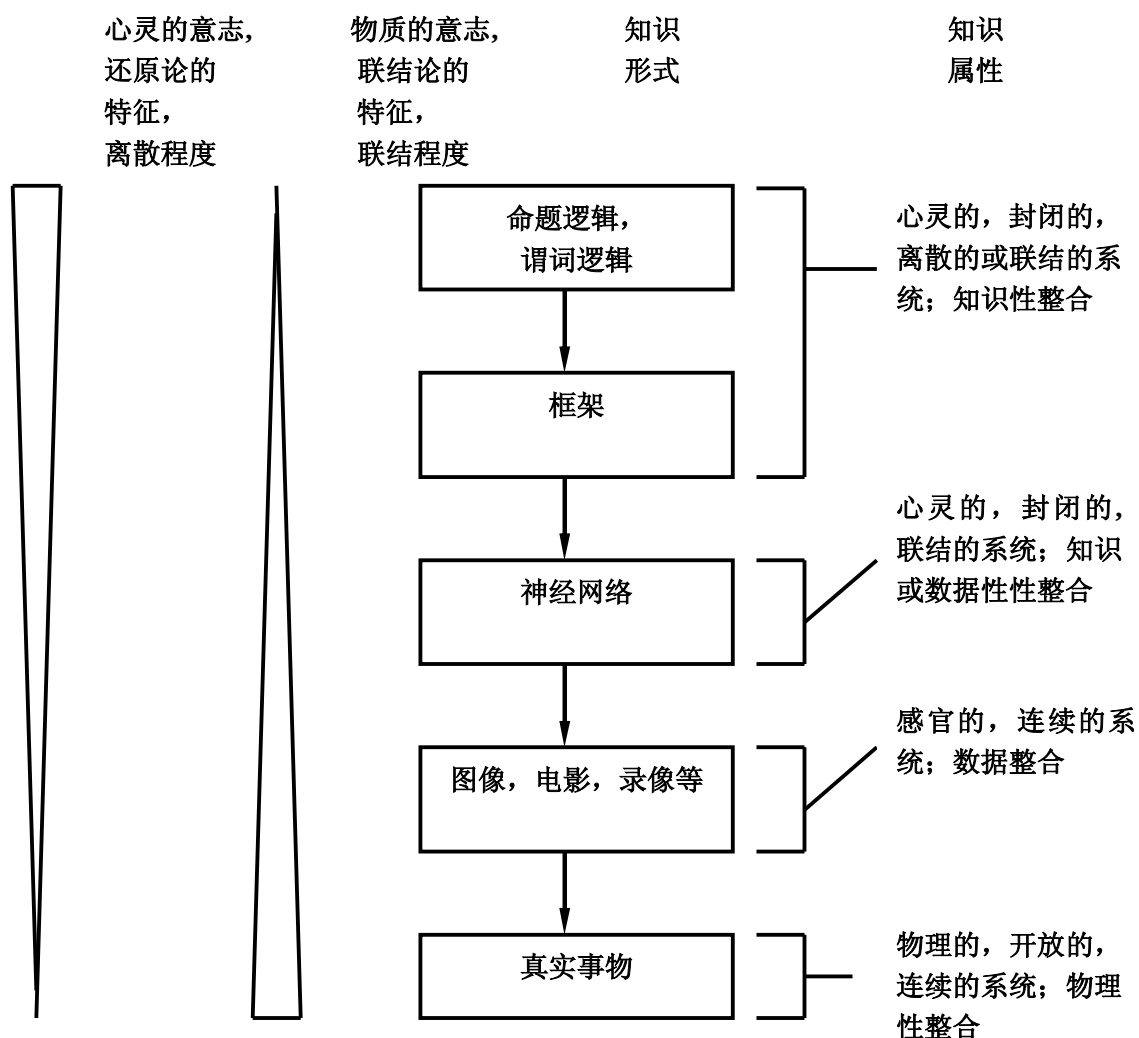


图 1 从心灵系统, 经过感受系统, 到物理系统之间基于离散性、联结性和连续性的演绎示意图, 提示了各种类型的知识表示的适用或覆盖范围。

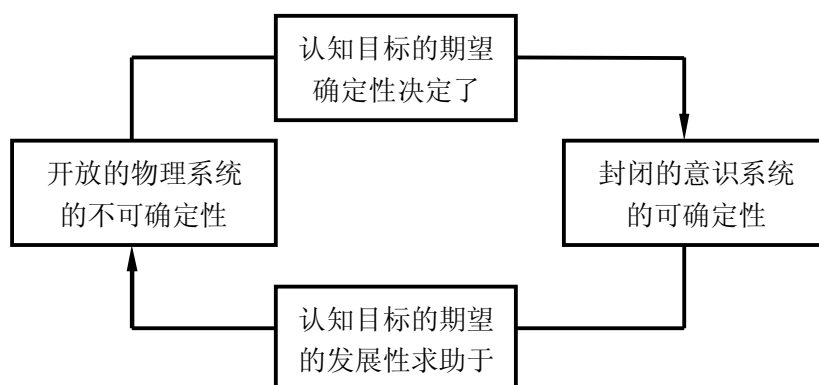


图 2 认知悖论生成了一个无限的认知循环。

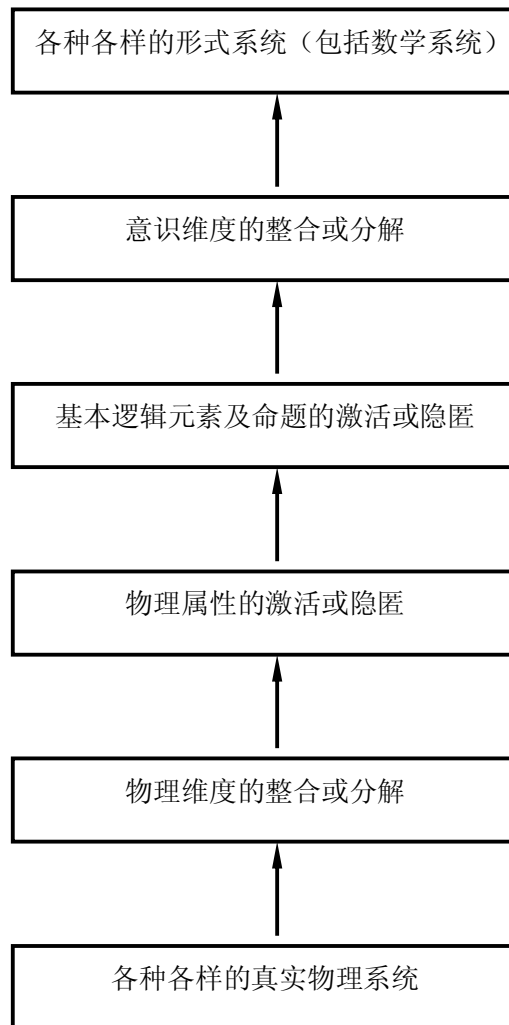


图3 物理系统 BMKI 揭示的物理系统与意识系统映射了著名的哥-希之争：物理系统的开放性、非排外性、不可确定性与哥德尔一致；而意识系统的封闭性、排外性，可确定性与希尔伯特一致。BMKI 的任务是建立哥德尔与希尔伯特对话或关系。

4. 准无穷概念和理性与非理性的转化

对无穷的概念认识，对其合理性、应用性的争论在数学领域由来已久。“希腊人通常认为无穷是不能接受的概念，它是一个不着边际且不确定的东西。”笛卡尔认为：“无穷可以被认知，但不能被理解。”高斯“反对把无穷量作为现实的实体来用，……”。康托尔则不理睬这些，“把无穷集看成一个可以被人的心智思考的整体”，“定义了无穷集合大小”，他用“一一对应”的方法判断两个无穷集合的异同…

当然，BMKI 无意纠缠于纯理性的“无穷”概念的是是非非。但无法回避与“无穷”概念有关的物理系统连续性（不可分性）和人工智能中的“指数式运算爆炸”等问题。无穷大、无穷小仅是一个意识性概念，本质上并非物理性事物或过程，相信古今中外谁都没

有经历过，一些数学家非常自信自认为理解它们，人们对此难置可否，因为这是在数学领域。但如用数学的“无穷大”规则来运算或指导生物医学知识运算或临床行为，那就另当别论了。

首先，笔者定义一个“准无穷”概念，它属于知识工程或知识应用（处理物理对象）领域的概念，其定义如下：

定义3 准-无穷大或准无穷小 (quasi-infinity or quasi-infinitesimal) 为一个量，它的大小超越了该时代人类的认知能力或知识操作能力。

实例之一是人工智能运算中指数式爆炸。机体的很多系统是准无穷系统，例如武松的无数肌丝相互如何协调成为肌肉统一行动举起“千斤石”的问题，以及容器中不朗粒子的运动形式与其温度的转化问题，均为一个准无穷问题。原则上任何物理系统在一定认知条件下都可成为准无穷系统。所以准无穷可以认为意识与物理系统对话的概念，与数学中的经典的无穷大（小）概念不同，后者是纯意识概念。

笔者的看法，如果把数学的“无穷”概念映射到物理世界或认知世界来加以考察，那么一些“无穷”推理如 $1/\infty = 0$ 或 $S = \lim_{n \rightarrow \infty} a^n = 0$, (if $|a| < 1$) 等推理只能是伪理性推理 (pseudo-rational reasoning)，并非真正的合理推理。物理世界或认知世界只有准无穷概念。

举一个例子，约公元前四世纪古人公孙龙说过“一尺之捶，日取其半，万世不竭。”这就是一个准无穷概念，“万世”的“万”实际上是“无穷”之意，故是“无穷世不竭”。但从物理操作角度讲，不要说“万世”，也许“一千年后”世上就再也没有如此精细的刀（一种认知工具）可以再“日取其半”了，我们的认知手段已到了那个时代终极，也即超出了我们的认知能力。公孙龙的命题常用来说明极限概念子命题的合理性，而在物理世界，这一原命题的存在已有危机，何况其子命题呢。

另一个理由是：物理世界的准无穷事物可能导致原来不包括的新事物或新质的突现，如无数的气体分子的布朗运动产生了温度，于是系统由原来动力学系统转化为热力学系统。除了自然告诉我们这一法则以外，从原有逻辑系统无法推出这一转化。

在生物医学知识工程领域，形形色色的准-无穷大或准-无穷小的运动充当了知识世界理性部分及非理性部分之间相互转化的桥梁（见图4）。这同时也提示 BMKI 不仅必须依赖理性算子，而且必须借助于非理性“算子”（灯塔-罗盘策略），不管我们是否愿意。

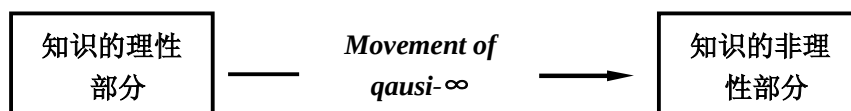


图4 无穷大或无穷小是理性主义的极大挑战。笔者的看法是所谓准无穷大或准无穷小运动往往是某种理性机制的终结和某种非理性或经验机制的开始。

5. 准物理性知识

在 BMKI 系列文章中，笔者在探索所谓知识的意识成份和物理成份方面做过大量工作。本文进一步引入准物理性知识概念。首先温习一下客观物理世界与人类的知识世界的关系：物理系统是独立于知识以外的客观真实世界。客观真实世界反映到人们的大脑，从拷贝、记录到不同程度的处理，形成不同抽象程度的知识（见图5和图6）。反过来，知识世界拷贝、记录、映射、模拟、匹配、计算、重演了客观物理世界（见图7）。而原始的拷贝、记录部分被称为准物理知识。

定义 4 准物理性知识或数据描述所指物理对象，即依附于具体物理对象的数据。一般是感官系统或测量系统获得的原始数据或实例数据。如具体病人的病史和大脑的初始印象、记忆、录像、录音、拷贝或投影的知识或数据。

与准物理性知识不同，理性知识不能指定具体的物理对象，如关于类概念“老师”的描述，我们无法指定时“张老师”、“李老师”……

所以要提出准物理性知识观念，是因为在认知意义及知识操作上，准物理性知识依附于具体物理对象，离不开其对应的物理系统的开放性、不可确定性、非排外性等属性，因此它们对于逻辑推导来讲，本质上是不完备的。例如关于老包其人的描述数据，5 年后的他的知识结构是很难确定的，因为它是开放的。

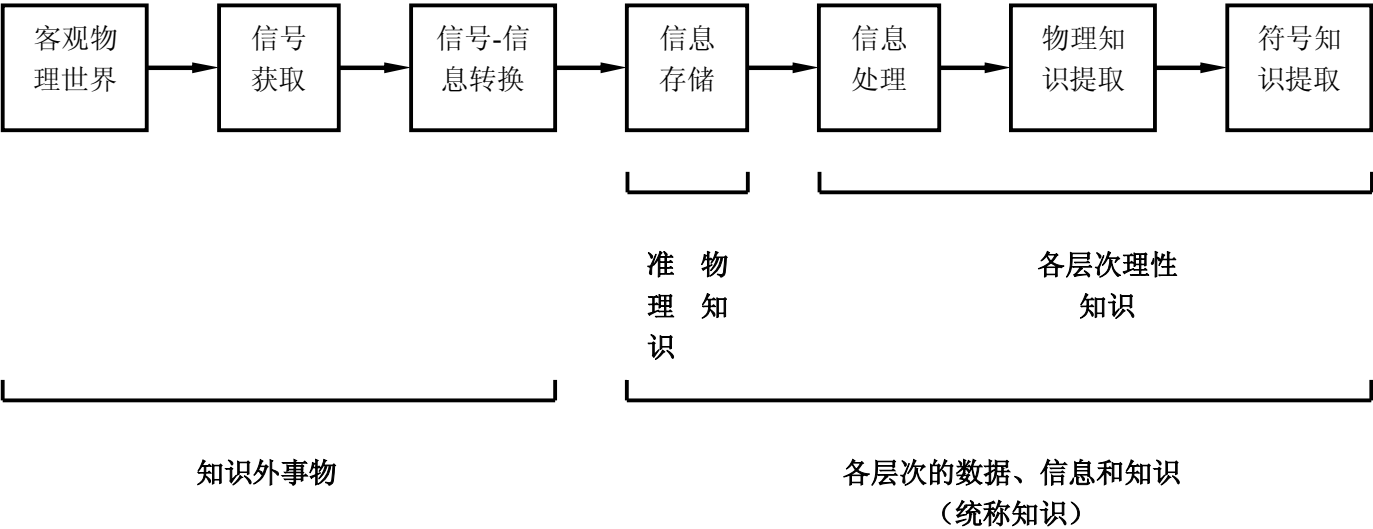


图 5 准物理性知识是物理系统未经信息处理的直接记录或存储或“投影”(project)的原始数据，它亦步亦趋地跟随物理系统。

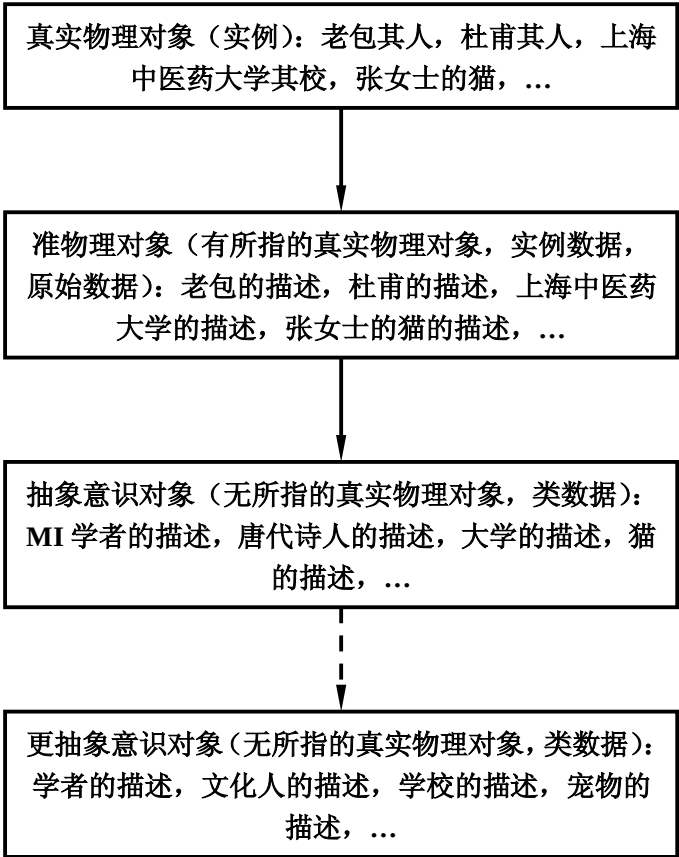


图 6 三种认知对象真实物理对象、准物理对象、抽象意识对象三者

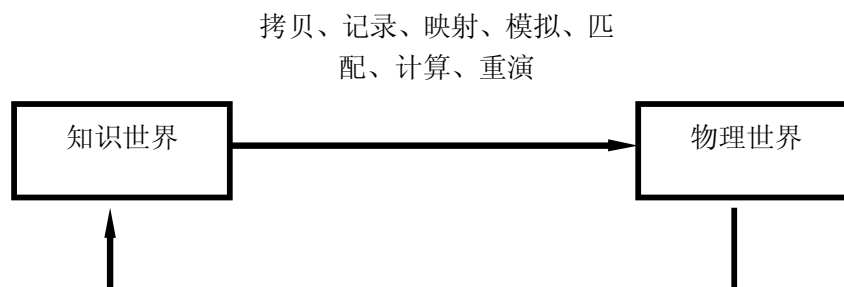


图 7 知识世界与其相应的物理性世界之间的关系，二者在本质上及其运动形态是不同的和独立的。

6. “大或空间”和联想

虽然 BMKI 的研究结论是只有在意识系统中，推导才会有效。但严格讲这是指如欧几里得那样的公理空间或单纯空间，而不是指所谓“大或”空间（Big-Or Space），后者虽然也是意识空间，但只能允许联想，不能保证推导。

科学知识的一般的理解和或联想依赖于“大或”空间，后者由一系列的单纯空间通过“或”操作构成： $S=S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup \dots$ 当我们阅读一本医学教科书或听一堂医学课时，我们的思想有意识地或下意识地、连续不断地从这个空间转到那个空间，只要两个空间之间交集不是空集（桥联因子存在）。这里 S 就是所谓“大或”空间。

让我们以生理学教科书的一段内容为例来说明问题。原文如下（由英文译出）：

“心脏为一个中空（肌性器官，位于胸腔中央。心脏的左右两侧均分为上室（心房）和下室（心室），前者汇集血液并输送到心室，后者把血液泵出。每侧心室都有进入瓣膜和输出瓣膜，以保证血液单向流动。”^[15]

这段课文背后的各种背景空间轴(粗)描述如下：

“心脏为一个中空(① 实质性壁与两端开口腔的复合)的肌性 (①具有生物特性的生物材料) 器官，位于胸腔中央(①机体中器官的空间分布和②它们之间的方位和邻接关系)。心脏的左右两侧(① 重力场和② 地球和机体的欧氏空间方位相关性矢状面)均分为上室（心房）和下室（心室）(①流体的上游和下游② 容器的形状③液流的阻塞)，前者汇集血液并输送到心室，后者把血液泵出(① 两端开口中空容器②生物性壁的收缩性和壁与液体之间的压力传递③ 流体力学)。每侧心室都有进入瓣膜和输出瓣膜，以保证血液单向流动(①单向流动机制② 生物性半刚性膜③容器和瓣膜之间的直径比例)。”

7. 结 束 语

至此，生物医学知识整合论完成了它的系列文章（1）-（10）。此篇论文是“BMKI 的襁褓或开创阶段的收尾篇”。表明 BMKI “从此将进入其少年，青年和壮年”^[11]。系列文章

(1) - (10) 表证了这一前无古人、后启来者的新科学呱呱堕地的全过程。

毋庸讳言,在我国这样的文化、社会环境中,做 BMKI 如此富有开创性的工作是十分困难的,多年来我个人几乎付出了我的全部生活。但这是理所当然的。值得提及的是, BMKI 的诞生也受到环境的呵护和扶持。除了我的家人几十年如一日的支持和理解外,上海中医药大学各级领导的支持和理解,直接保证了新研究系统地展开。上海中医药大学作为传统医学的高等学府,其校园能萌出如此“离经叛道”新的科学之苗,这事实本身就极富信息价值。在媒体方面, BMKI 受到《医学信息》杂志以及《中国医疗杂志》的大力扶持,保证了其中文和英文论文能尽快发表。BMKI 也不能忘却《医学信息学论坛》(<http://www.miforum.net/>),其委员会以及广大坛友的支持。我们不仅在论坛上对各种问题开展深刻讨论,也在原创性的冲动和兴奋中度过了日日夜夜。

(美)M. 克莱因说过,“数学的相容性是显然的,因为直觉的意义保证了这一点,……”,笔者用与此同构的话结束本文:

“生物医学知识整合论的相容性是显然的,因为直觉的意义保证了这一点,……”。

参 考 文 献

1. 玛格丽特·博登编, 刘西瑞, 王汉琦译:《人工智能哲学》,上海: 上海译文出版社, 2001
2. 包含飞: 生物医学知识整合论(I),《医学信息》杂志, 16(6): 174-279, 2003
3. 包含飞: 生物医学知识整合论(II),《医学信息》杂志, 16(8): 410-415, 2003
4. 包含飞: 生物医学知识整合论(III),《医学信息》杂志, 16(11): 602-605, 2003
5. 包含飞: 生物医学知识整合论(IV),《医学信息》杂志, 16(12): 666-670, 2003
6. 包含飞: 生物医学知识整合论(V),《医学信息》杂志, 17(5): 244-250, 2004
7. 包含飞: 生物医学知识整合论(VI),《医学信息》杂志, 17(8): 452-457, 2004
8. 包含飞: 生物医学知识整合论(VII),《医学信息》杂志, 17(11): 685-692, 2004
9. 包含飞: 生物医学知识整合论(VIII),《医学信息》杂志, 18(1): 11-15, 2005
10. 包含飞: 生物医学知识整合论(IX),《医学信息》杂志, 18(3): 172-176, 2005
11. 路石: 学术求索与诗歌情怀——论包含飞教授的“生物医学知识整合论”(待发表)
12. Bao HF: The Theory of Biomedical Knowledge Integration(I), Chinese Journal of Medical Treatment, 2(13): 1-6, 2003
13. Bao HF: The Theory of Biomedical Knowledge Integration(II) ——What is underlying the domain concepts, Chinese Journal of Medical Treatment, 2(21): 1-6, 2003
14. Bao HF: The Theory of Biomedical Knowledge Integration(III), Chinese Journal of Medical Treatment, Vol(3), No(7), 2004
15. Morris Kline: <Mathematics: The Loss of Certainty> (a Chinese translation), Hunan: Hunan Science and Technology Press, 1997
16. The Merck Manual: <http://www.msdchina.com.cn/manual/index.html>
17. 首页 > 数学 > 数学分支巡礼 > 微积分学:
http://www.ikepu.com/math/math_branch/calculi_total.htm
18. 吴文成: 形式化研究的局限,
http://alumni.nctu.edu.tw/~sinner/science/talk/part_1/science1450.htm