

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：神经振荡：窥探句法解析的时间进程

作者：戚睿盈，封叶*，司富珍

第一轮

审稿人 1 意见：

总意见：本文讨论的内容是语言的认知神经机制研究中的热点内容，总结相对比较全面，能够融合语言学理论和心理学/认知神经科学实验研究，但是很多表述欠准确，具体建议参见附件。作者可以考虑请认知神经科学背景的专家帮忙梳理一下术语的使用。

意见 1：本文回顾的实验大多是支持句法是关键维度，但是不涉及其是否‘自治’。如果作者确实认为这些研究表明了句法自治，需要进一步明确定义自治的工作定义以及如何被证实。

回应：外审 1 认为，本文回顾的实验“大多是支持句法是关键维度，但是不涉及其是否‘自治’。如果作者确实认为这些研究表明了句法自治，需要进一步明确定义自治的工作定义以及如何被证实。”据此，本文已在原文的基础之上补充了工作定义及证明思路：

关于“句法自治”(autonomy of syntax):

(1)工作定义：

沿用语言学领域的一般理解，“句法自治”在这里主要指的是句法相对于其他模块来说具有相对的独立性，生成语法领域最经典的“句法自治”的例子是 *Colorless green ideas sleep furiously*，乔姆斯基用这一例子来说明对于该句合语法性的判断是独立于语义模块的(比如该句被母语者认定为合语法但语义上自相矛盾，而同样是这五个词构成的序列，“*Sleep colorless furiously ideas green*”就被当作既没有意义又不合语法的符串”。当然，具有自治性的句法模块同时又会通过接口(interface)与语音、韵律、语义等其他模块进行互动。但从本质上讲，语言的层级结构是由句法主导生成的产物，同时在表现形式上又会由于语音、韵律、语义等模块作用而发生调整。

(2)证明过程：

句法自治的核心是“句法计算独立于其他语言加工模块”，那么从句法解析的角度看，如果能说明语言加工的解是结构依存(structural dependency)的，也就是说句子在线加工过程层级结构的基础核心部分由句法因素主导而不是语音、韵律、语义主导，那么就可以认为“句法自治”假设得到了支持。据此，证明句法自治的可操作性定义为：若 1Hz 响应只在基线条件与句法条件下产生，而在其他条件(韵律、语义、词汇等)均不产生，那么就可以认为低频振荡活动是对语言层级本身的表征，从而可以支持句法自治假设的合理性。

意见 2：与自治类似，‘先验’缺乏清晰的工作定义，下面这些研究如何证明是‘先验’？

回应：外审 1 认为：“与自治类似，‘先验’缺乏清晰的工作定义，下面这些研究如何证明是‘先验’？”本文作出如下解释：

“先验知识”一词在不同学科语境下意思稍有不同。在语言学、哲学背景下，“先验知识”指与后天经验相对的，人生来具备的知识或能力(这里的“知识”也有别于一般日常生活中所指的通过学习和积累而获得的知识，而是指一种由生物遗传等先天因素所决定的不需要学习就拥有的一种智能。从这个意义上说的“先验知识”也可以替换为“先天固有的知识或能力”。举例来说，语法知识(如投射规则、结构依存原则、约束原则等)与数逻辑理能力、逻辑知识类似，

都属于先验知识；而其他通过后天经验获得的知识则不然。而在其他认知科学语境下先验的定义略有些许不同，主要指与后验知识相对的，不依赖具体数据而凭借已有的期望与知识进行的数据加工方式，类似于(但不完全等同)知觉加工方式中的概念驱动加工方式。

原文使用“先验语法知识”这一表达参照了本期刊 2022 年发表的文章：《节律在听觉言语理解中的作用》(陈梁杰 等, 2022)(在此文中同样未给出先验语法知识的工作定义)。为避免歧义，本文已对先验知识的定义进行了澄清：

关于“先验知识”：

(1)工作定义：

文中的“先验性”可以从两个方面来定义可：

A. 与后天经验相对的，人生来而有之的“知识(knowledge)”或能力(特别注意：这里的“知识”也有别于一般日常生活中所指的通过学习和积累而获得的知识，而是指一种由生物遗传等先天因素所决定的、不需要学习就生而有之的一种计算能力、加工能力或理解能力。从这个意义上说的“先验知识”也可以替换为“先天固有的知识或能力”。

基于这样的工作定义，我们认为，人类的语言习得不仅需要后天可理解性输入对语言参数进行设置，还需要先验性的语法规则才能解决可学性问题，这也是生成语法最简方案立场下的基本主张与预设；

B.在定义 A 的基础之上，本文的“先验性”也指与数据驱动加工相对的一种概念驱动加工方式(尽管在心理学中两种知觉加工方式并不与“先验”及“后验”的概念严格对应)，即听者在句法解析的过程中不仅需要依靠对外部刺激声学信息的分析，还需要依靠已有语法知识对输入刺激进行自上而下的分析。本文讨论低频神经振荡反应时主要关注的是后面这种具体化的工作定义。

(2)证明过程：

与句法自治类似，只要有证据说明语法知识参与的加工过程 A.区别于自下而上的对声学线索的分析；B.区别于语义等其他模块的作用，即可一定程度上说明其先验性。至于如何为第一个内涵提供详实的实证研究证明，需要参见语言习得以及其他认知科学领域研究的回顾，这涉及到领域特异性及领域一般性的问题，这是另一个持久争议但目前难以相互证伪的科学问题，为避免离题，本文于此不作特别详细的论述。

意见 3：文章中还存在其他术语不当问题

回应：(1)基元：原文中的基元(primitive)取自 David Poeppel 2012 年文章：“What is at stake is whether we are able to identify the possible formal relations (mappings) between the putative primitives of cognitive science, and in particular language research, and the putative primitives of neurobiology.”(Poeppel, 2012, p.13)，意在论述语言学与神经科学之间学科概念的映射关系，并非仅指代神经科学中微观的神经元活动单位。为避免歧义及翻译错误，本文已避免使用“基元”一词来论述映射问题。

(2)内源性：原文中的“内源性”一词既指代了神经振荡活动，又指代了听者本身所具有的语法知识，存在歧义。本文已更换表达，以“内源性”修饰神经振荡活动，而以“内在”形容个体的语法知识。

意见 4：原文中摘要的展望部分不能良好的改括对应内容，有所缺失，需要补充。

回应：原文摘要对展望部分的概括并不全面，本文已做出如下修改：“未来研究可集中于四方面：神经振荡与句法加工的更细粒度对齐；神经振荡的发生机制及其生物学意义；儿童语言发展过程中神经振荡的变化模式；以及语言障碍神经生理基础及其康复应用。”，囊括了展望部分提到的四个未来的研究方向。

意见 5: 原稿于 4.1 节中引用的文献:【程宁,徐霞霞,李群 & 张涛.(2015).神经振荡交叉节律耦合的生理学意义及在神经工程基础研究中的应用.纳米技术与精密工程(05),324-332.doi:10.13494/j.npe.20150035.】, 审稿专家指出:“太不经典且也无必要”

回应: 本文已删去该引用。

.....

审稿人 2 意见:

意见 1: 本文对于语言理解的神经振荡相关研究进行了综述,认为目前的研究说明了一种低频神经振荡与句法加工的因果关系。这个观点过于偏激,因为所有涉及到的研究都只是在相关的水平呈现了语言理解与神经振荡之间的关系,尚且没有哪一个研究能够提供直接的因果证据。

回应: 原文目前做出的综述仅能证明句法加工与低频神经振荡相关,而并不能证明其因果。区分因果性与相关性是神经科学研究的基本任务,是现代科学研究需要作出区分的重要概念。原文想要说明:低频神经振荡活动是对句法层级结构计算本身的表征,而这个论点实际上是:“低频振荡活动与句法相关,而非韵律、语义”,“因果性”一词使用失当。因此作者接受批评并做了相应术语校改和修正:将“因果性”替换为“相关性”,并将对因果性研究的探讨补充至展望部分。

意见 2: 另外一个问题是,正如作者也在文末所所述,对于神经振荡的具体机理目前尚未确定,更何况神经振荡所测量的时间信息只是句法加工的某一个侧面,远远无法全面刻画其全面时间维度的信息。

回应: 外审 2 指出原文的观点过于乐观,“神经振荡的具体机理目前尚未确定”。作者认为:虽然神经振荡的实现层问题(指神经振荡究竟是振荡还是诱发电位)目前仍然存在很大争议,但是这并不意味着本文在此进行的综述就是不具有参考价值的。迄今为止复杂系统(文中语境具体指语言理解相关复杂系统)的神经科学实验在很大程度上仍然具有不可重复性,探究神经活动所对应的具体生物学基础需要诉诸上游脑成像技术的更迭与发展,这是难以依靠现有的实验设计方案去避免和克服的。因此,本文在此避免对实现层问题进行探讨,而是重点关注算法层:神经振荡活动作为一种内源性节律活动能够为我们区分句法与其他模块的表征提供证据,在一定程度上,通过解释其相位属性可以辅助阐释句法解析过程。而这一研究旨在为句法计算系统的心理现实性提供一种可能的解释,同时也希望引起学界对句法加工实验中神经振荡活动的更多关注。

不过,审稿专家的意见提醒我们上一稿有不少表述的确存在失当可能存在误解之处。本次修订做了较大改动,尽量使用更为审慎和客观的表述进行回顾,同时在展望部分补充了审稿人提及的研究中潜在的困难,对此,我们也通过脚注表明了这一点得益于审稿人的批评指正。

意见 3: 更不用说本身采用脑电与脑磁图所得到的神经振荡指标本身就有本质的不同,且与宏观与微观的神经结构均无法对应。鉴于此,本文所畅想的有关神经振荡的研究前景有些过于乐观,也许应该更为审慎地对于此领域的研究作出更为客观的评价。

回应: 外审 2 指出:“采用脑电与脑磁图所得到的神经振荡指标本身就有本质的不同,且与宏观与微观的神经结构均无法对应。”。我们一方面认为审稿意见很有道理,从电生理技术角度看,两者指标的确存在本质不同:脑电节律是区域内宏观采集的皮层电信号,而脑磁图振荡指标反应的是微观/介观尺度神经集群规律性的放电活动。另一方面也想说明,之所以出现上一稿中表述方面的问题,主要是因为在一般的下游实证研究中,大部分研究者不会专门地对 EEG 与 MEG 的神经振荡指标做出严格区分,而是着眼于两者间的共性【参见 Beppi,

C., Ribeiro Violante, I., Scott, G., & Sandrone, S. (2021). EEG, MEG and neuromodulatory approaches to explore cognition: Current status and future directions. *Brain and cognition*, 148, 105677.】。在文献综述时也时常同时提及 EEG/MEG 研究。原文认为神经振荡是句法解析的因果性活动，这个观点预设了神经振荡的生物学意义已经明确，导致不对 EEG/MEG 指标做出区分就不能完善的佐证此观点，造成了论点与论据之间的脱节，表述的确欠妥。本次修订已更正相关表述，以期使得观点更为严谨，并在展望部分补充了 EEG 与 MEG 振荡指标的差异。

意见 4: 有关本文“基元”/“透析”等术语的使用，似乎需要再考虑一下，用在这个语境是否合适。基元，可以理解为最小单元，但是，目前有关语言理解的神经振荡研究都是宏观水平的，何谈微观的神经元水平的神经振荡？透析，更是指分子的分离纯化技术，用在这里是何意思不是很理解。

回应: (1)基元：原文中的基元(primitive)取自 David Poeppel 2012 年文章：“What is at stake is whether we are able to identify the possible formal relations (mappings) between the putative primitives of cognitive science, and in particular language research, and the putative primitives of neurobiology.”(Poeppel, 2012, p.13)，意在论述语言学与神经科学之间学科概念的映射关系，并非仅指代神经科学中微观的神经元活动单位。为避免歧义及翻译错误，本文已避免使用“基元”一词来论述映射问题。

(2)透析：“透析”在文中意为对句法加工机制进行探索与分析。作者先前未考虑在其他学科中作为一个术语的原意而造成了误解，本文已替换为“探究”。

第二轮

审稿人 1 意见:

意见 1: 新的文稿比上一版清楚很多。当前作者清晰定义了“句法自治”，当前的神经科学研究显然还没有能够唯一证实这种“句法自治”。比如很多研究(包括神经科学研究)证明韵律等特征可以影响句子结构的解析，这种影响发生在“句法自治”之后，还是直接影响句法加工其实至今没有定论。文中讨论的研究也基本上都不是以证明“句法自治”而开展的研究。这些研究一定意义上可以证明“句法”加工真实存在(心理现实性)，但是是不是自治还是不清楚的。这一问题解决之后可以重新送审。

回应: 感谢编委的宝贵意见。此次意见主要围绕“句法自治”这一概念的定义以及证明问题展开。本文已针对此问题进行了修改，现进行说明。修改处已在原文中用紫色字体标出。

原文使用“句法自治”这一经典语言学理论，旨在论证：“句法模块在句法解析中起主导作用，相对独立于韵律、语义模块加工”。“句法自治”理论作为生成语法学的核心主张，其基本概念随着理论的变迁一直在发展。时至今日，“句法自治”的核心主张已经针对句法在语言理解中的地位有了较大的让步，从开始的“句法决定语义”，到现在开始逐渐承认韵律、语义等模块对句法结构加工的潜在影响(关于“句法自治”理论的争端还可参见句子加工模块论与交互论之争)。但即便如此，“句法模块”本身的主导地位仍然是其不变的核心主旨。

然而，正如编委所言，许多研究也都证明了韵律加工对于句法加工的影响，且这种影响的具体调控作用与时间进程也无定论，难以严格论证句法自治的合理性。作者再三思索后，认为以审稿专家关于“文中讨论的研究也基本上都不是以证明‘句法自治’而开展的研究”这一评论确实有道理。一方面，目前本文回顾的相关研究主要支持“句法加工具有其心理现实性”，而难以严格证明句法自治。另一方面，原文主要想要传达的观点是：“内源性低频神经振荡活动表征的先验语法知识是鲁棒性句法加工的必要条件”，并非“句法模块主导语言加工且不

受韵律、语义等模块制约”。原文也在相关段落中强调：“在日常言语交流过程中，句法解析的实现是句法、韵律、语义加工的共同作用”，可见，强调句法自治可能会引起不必要的误解误读。因此，本文已替换“句法自治”理论相关的过于激进的表达，将重心从论述“语法知识在句法解析过程中的主导地位且不受韵律、语义等模块制约”转移到论述“除了韵律、语义等因素外，语法知识于句法加工而言同样不可或缺”以及“内源性低频振荡活动更可能是对先验语法知识本身的表征，而非单纯地对韵律的跟踪、语义的预测以及词汇的表征”。原文“句法自治”的相关表述已移至脚注进行补充说明。

更改后的论点，概念的工作定义以及证明过程如下：

(1)论点：

低频神经振荡相关实验佐证句法加工的心理现实性，即：先验语法知识是鲁棒性句法解析的必要条件，语言层级结构的生成倚赖先验语法知识的存在。

(2)“句法加工心理现实性”工作定义：

句法解析实现的过程中，语言层级结构的构建有赖于先验语法知识的作用，而不仅仅是韵律加工、语义加工的副产品。

(3)证明过程：

句法加工的心理现实性主要体现在句法解析过程中先验语法知识的影响，那么从句法解析的角度看，如果能说明语言加工的确是结构依存(structural dependency)的，也就是说句子在线加工过程中语言层级结构的构建需要以先验语法知识的表征为必要条件，且相对独立于韵律、语义等模块的作用，那么就可以认为“句法加工的心理现实性”得到了支持。据此，证明句法加工的心理现实性的可操作性定义为：若 1Hz 响应只在基线条件与句法条件下产生，而在其他条件(韵律、语义、词汇等)均不产生，那么就可以认为低频振荡活动是对语言层级本身的表征，从而可以支持句法加工的心理现实性。

第三轮

审稿人 1 意见：作者已经很好地解决了之前存在的问题，建议录用。

回应：感谢审稿人先前的宝贵意见！

审稿人 3 意见：

总意见：这篇文章综述了神经振荡在句法解析中的作用，特别关注大脑在语言加工过程中如何建立句法层次结构。文章主要探讨了不同频段的神经振荡如何在不同时间尺度上参与句法结构的处理，尤其是层次结构的构建。虽然本综述是对该领域的文献的一次较为全面的综述尝试，然而现有版本仍存在问题：

意见 1：模型太多，证据太少

在当前的稿件中，作者提出了多个理论模型，但从实际数据中提供的支持性证据相对不足。虽然模型的提出有助于丰富对研究问题的理解，但每个模型背后的实证基础和数据支撑相对薄弱，未能充分展示这些模型的有效性或适用性。

例如，在本文中，作者全面地介绍了神经振荡在语言句法处理中的“算法”与“实现”的多个理论模型。然而，尽管这些模型提供了丰富的框架和思路，文章中对各模型的实证支持相对匮乏。在综述类文章中，除了广泛呈现已有模型，作者还应提供对各模型支撑证据的深入讨论与评估。然而，本文在模型与实证研究的整合方面显得不足，许多模型提出后并未系统地展示其背后的实验数据或神经生理学证据。更具体的，例如，作者提出的关于低频神经振荡与

句法预测的假设模型，尽管引述了相关文献，但没有深入分析这些研究的实验设计、结果的具体贡献以及其局限性。这使得读者难以判断这些模型在实际研究中的支持程度。此外，对于同一问题的多个不同模型，文章缺少对它们之间相互比较、评估或批判性分析，这使得文章的批判性与系统性显得不够强。

因此，建议作者在修订时，增加对各类模型背后关键证据的详细评估，尤其是突出模型的实验验证部分，并对现有证据的强弱进行更系统的分析。同时，建议加强不同模型之间的对比讨论，帮助读者理解各模型在现有研究框架中的位置与相对优势。

回应：原文在 4.2 节对相关领域的模型进行了介绍。根据审稿意见，原文存在的问题主要有二：(1)缺少对所提及模型的系统性的比较；(2)缺少对支持模型的实证研究数据的梳理与回顾。

对于问题(1)，系统性地对比模型的特点与优劣有助于直观地评估这些模型的生态信效，为学界提供更有价值的梳理。

本文参考审稿人的意见，尝试对各模型进行了宏观的比较(比如粒度如何，是否涉及到三分框架的所有层面，各自适用的情境等)。为对这些模型进行系统性的评述，同时尽量避免做出过于武断的评价，本文尝试在 David Marr 提出的三分框架内，从计算层、算法层以及实现层三个角度对模型的共性和差异进行梳理：发掘模型共性，可以说明神经振荡作为句法解析的候选神经机制已逐渐得到大家的认可；对比其具体差异，可以说明各个模型适用的范围及其发展空间，争取在尊重各个模型不可比性的同时，让读者更加清晰直观地了解这些模型各自的特征。但需要说明的是，文中所提及的这些模型在一定程度上具有不可比性，它们之间的关系更像是在同一研究框架下，从不同维度和切入点对句法解析进行阐述，并非显性相悖，而是各有侧重，很难在具体的方面(譬如某一频段的神经振荡所对应的层级变换操作是否一致)进行对比(参见 Kazanina & Tavano 在 2023 年发表于 Nature Reviews Neuroscience 的文章，尽管该文详细解释了 DORA 与 VS-BIND 模型的运作机制，但仅仅是宏观的解释了它们的共同点，并没有对两者的优劣进行比较)。

对于问题(2)，审稿人提出论述模型的可行性需要提供支撑性的实证研究证据，通过对比实验范式以及条件控制来对比不同模型的优劣。虽然目前领域内缺少证明这些模型的直接性实证研究证据，但本文通过回顾其它相关研究并解读其结果模式，为这些模型提供了间接的支持证据。值得一提的是，本文的核心主旨在于：A. 证明句法解析的心理现实性；B. 探讨句法解析潜在神经编码活动，而并非专门的对模型进行比较分析以及验证的文章。受制于文章篇幅，本文并未对这些实证研究的具体范式和细节展开讨论，而是概括了研究最主要的发现。因此，在文章容量有限的情况下，本文吸取审稿人意见加入了支撑这些模型合理性的实证研究简述，但在具体的细节方面仍然做了省略处理，以期在两者之间达到调和。

意见 2：论述逻辑不清晰

这个问题主要集中在论文的逻辑结构和叙述一致性上。文章一开始引入了一个三层次的框架，即计算层、算法层和实现层，用来探讨语言处理中的神经振荡问题。具体来说：

(1)计算层关注语言的基本计算功能(如语法规则的使用)。

(2)算法层对应神经振荡，探讨它们在语言处理中的时间过程和调控。

(3)实现层涉及更底层的生物学机制，如基因、蛋白质、神经元和脑回路的运作。

论文在开篇时提出这个框架，并预示后续讨论会按照这些层次来展开。然而，问题在于，综述后面的内容并没有沿着这一清晰的结构继续展开。比如，虽然有大量关于神经振荡(算法层)的讨论，但对于实现层(如基因、蛋白质、神经元等)的探讨并不充分，或者没有清晰地解释如何连接这些不同层次。此外，文章后面的讨论有时偏离了三层次框架，导致整体论述缺乏连贯性。

这个问题的重要性在于，作者最初提出了一个分层的理论框架，读者期望论文能够按此逻辑层次逐步展开并解析。然而，当实际的内容与最初提出的逻辑结构不一致时，会让读者感到困惑，特别是在如何连接语言处理的不同层面时缺乏清晰的过渡和解释。

因此，建议作者在修订时，作者可以重新审视文中的逻辑结构，确保每个层次都得到清晰的阐述，或者修改最初提出的框架，使之与后续论述一致。如果重点是算法层(神经振荡)，作者可以简化或重新定义计算层和实现层的内容，以免引发逻辑上的混乱。

回应：原文于第2节“句法解析管窥”提出了句法解析三分框架(计算层，算法层，实现层)的概念并展开论述，这是对现有语言学理论以及神经科学研究的宏观描述，旨在让读者快速地对句法结构以及神经振荡的基本性质有所了解。为了使文章内容符合读者预期，同时保留三分框架以对句法解析过程进行全面的描述，本文已经重新调整结构与表达，主要修改如下：

(1)在文章第2节接续“语言与神经科学映射问题”的讨论，分别从语言学理论和神经科学视角对句法解析进行宏观探讨，使得原文逻辑更符合读者的阅读直觉；

(2)将三分框架作为系统性评价模型的参考标准，挪至文章4.2节进行介绍和讨论，在同一理论框架内对模型进行更加全面、完备的评述。

意见 3：概念定义模糊

文章中某些概念的定义可能不够明确，特别是在讨论神经振荡与语言处理的具体机制时，读者可能难以理解作者对某些核心概念的解释。这可能包括神经振荡的存在哪些具体类型，存在哪些不同的语言处理阶段，以及它们的时空特性。综述类文章的读者群一般并非小领域的专家，而是大领域的同行或者是刚入门的学生。建议作者更清晰地定义每一个关键术语，确保读者能够明确理解每个概念和它们之间的关系。

回应：原文在前两次退修过程中已经明确了核心概念的学术定义及可操作定义，但在介绍神经振荡与语言处理时可能仍存在一些概念需要进一步阐释。为增强文章可读性，本文在原文的基础上删去了一些不必要的概念，并对保留的概念进行了重述与解释。主要改动如下：

(1)删去了一些最简方案中过于专业化的句法理论的定义，并且用更加直白的语言解释了在该理论框架内句法解析的过程；

(2)补充了神经振荡相关术语的定义。

意见 4：未来研究方向不明确

虽然文章综述了现有文献，但未来研究的方向和问题并未得到足够详细的讨论。综述文章应该为读者指明下一步研究的可能路径，特别是在神经振荡与语言处理关系方面。特别是为什么要研究这些内容。

建议者可以在最后部分明确提出未来研究中应重点解决的未解问题，并提供清晰的方向性建议，如哪些神经振荡频率需要进一步研究，或应如何通过新的实验范式来验证其与语言处理的关系。

回应：原文在最后的总结与展望部分分条论述了相关领域未来的研究方向，但未点明神经振荡与语言结构之间研究可参考的具体细节。本文已参考审稿人意见围绕以下几个方面进行了补充(具体改动见文章14-15页)：

(1)目前研究主要以神经振荡的幅值以及强度作为主要观测指标，局限于句法知识表征的存在性证明。未来研究可观测神经振荡的相位相关指标来进一步探寻与不同语言层级结构间的对应关系。

(2)目前研究主要依赖传统心理学实验中控制变量的手段来进行研究，通过改变不同条件下的刺激材料的具体呈现模式来进行对比实验，得出的相关结论可能受到语言表层形式的制约。未来研究可将句法结构的特征(如句法树深度，节点等)编码为抽象的数据结构来进行建

模与验证，以越过表层的语言实现形式，进一步解释神经振荡与抽象句法结构之间的潜在联系。

(3)目前研究缺少对神经振荡发生机制以及生理基础的系统性解释，对句法解析的实现层探讨不够充分。未来研究可以结合神经生物方面的研究，结合神经集群的激活与抑制循环机制，对振荡器的发生机制进行更全面的阐述，弥合现研究实现层与算法层之间的鸿沟。

第四轮

审稿人 3 意见：

意见 1：感谢作者对文章框架的调整和逻辑梳理，新的结构更加清晰，提升了文章的逻辑性和可读性。然而，我仍然认为论文中对一些关键观点(如神经振荡与时间结构关系)的支持性证据较为薄弱，特别是在缺乏足够实验证据直接验证这些观点的情况下，部分结论可能显得过于强烈。建议作者进一步弱化对这些观点合理性和适用性的论述，尤其是在缺乏直接数据支持的部分，使得结论更加谨慎，以避免在证据不足的情况下得出过于确定的推断。

回应：感谢审稿人的宝贵意见。本文已调整表达，使得结论部分的表述更科学严谨。具体修改的方面如下，在原文中已用橙色标出。

(1)对于神经振荡与时间结构之间的关系，原文介绍了不同频段神经振荡与时间结构之间的对应关系，表达可能显得较为绝对。本文已修改相关内容的表达，点明各频段振荡与大小时窗之间的关系是一种潜在的联系，而非绝对的对应关系。

(2)对于神经振荡与语言层级结构之间的关系，目前这个问题的相关实证性证据相对较少。因此，本文已在文中强调，目前尚缺乏将神经振荡与句法解析过程相联系的严谨的数学证明及动力学计算模型，本文对神经振荡的与语言层级结构之间的联系属于一种理论层面的讨论，希望能够为后来的研究带来一定的启发。

最终轮

编委复审意见：同意发表

主编意见：同意录用