






唐世明团队macaque V1 相关paper速览

20220613

陈雯婕

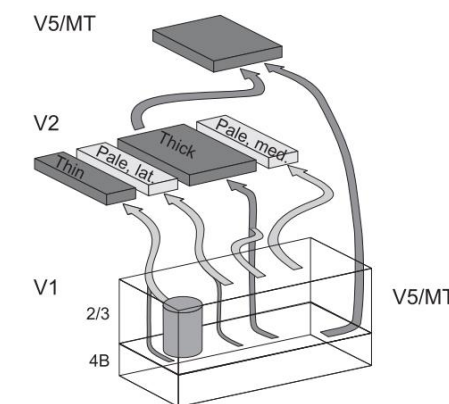
上次组会主要内容：V1每层最重要的特征汇总表

V1层	特点	V1外输入 (前馈)	V1层间输入 (前馈)	V1层间输入 (反馈)	V1内层间投射 (轴突分布特异性)	区域间 输出	细胞功能 特征
L2/3A 	接受L3B-L4C的前馈输入，接受L5和L6层的反馈“调控” 层内blob/interblob内神经元相互连接； ➤ 输出到V2，几条并行通路： CO blob->V2 thin stripes(目标属性) interblob->V2 thick stripes(目标运动) 新进展：细胞树突上的突触分布	LGN-K(K1-2)	L3B的前馈；	L5和L6	水平连接丰富 (blob/interblob内互连丰富)； 部分向下投射到L5	V2(主要)	L3:OS,DS, small RFs
L3B 	接受LGN-K输入； 接收层间输入类型最丰富； 细胞功能类型很丰富，冗余性低； 在微环路中向上“传递”携带P通路的信号； (L3B投射PC少，实验：来自P的兴奋性输入没有作用在L3B投射PC上，虽然具有解剖连接)	LGN-K(K3-6) 侧重CO blob	L4A,L4B,L4C所有子层	L5和L6	向上投射到L2/3A； 部分向下投射到L5,6	V2(少)	OS最“少”
L4A 	在微环路间传递P通路信号	LGN-P	主要来自L4Cβ(P通路)	部分L5和L6	向上投射L3B	×	OS少
L4B 	前馈传播中M和P通路第一次“收敛”/“交互”的地方； 具有两种类型的细胞： Spiny stellate cell:M通路；pyramidal cell:M+P； ➤ 将M通路信号快速传出V1； 向上L2/3“传递”携带P通路的信号； 具有稠密的长程水平连接； 新进展：微环路内外的投射情况	×	主要来自L4Cα(M通路) 部分来自L4Cβ(P通路)	L5和L6	向上投射L2/3； 稠密、长程水平投射； 部分向下投射L5	V5, V2	DS
L4Cα 	□ 接受LGN-M通路输入	LGN-M	×	L6	向上大量投射到L4B、L3B(blob)； 向下稀疏L5(L6)	×	眼优势柱； OS少;DS
L4m	接收来自L4Cα和L4Cβ的投射	×		L6	向上投射到L4B	×	OS明显;DS
L4Cβ 	□ 接受LGN-P通路输入	LGN-P	×	L6	向上大量投射到L4A和L3B(不偏好blob/interblob)	×	眼优势柱； OS少
L5	局部PC与L2/3形成互连； ➤ 投射PC将信号输出到SC	×	L2/3	×	向上大量反馈到L2-4B	SC	
L6A 	PC的种类最丰富； 层间特异性反馈 (特异性反馈投射到L4Cα和L4Cβ层)	LGN-P	L2/3	×	Class I主要向上反馈到L4C； Class II:避免4C向其他层投射；	LGN-P	OS少;DS
L6B 	➤ 区域间特异性输出(反馈) 稠密的层间互连； 新进展：关于细胞功能性聚类	LGN-M	L2/3	×		LGN-M	

V1->V2:

L2/3A blob->CO thin stripes

L2/3A interblob->thick stripes->MT



输入，输出

M, P通路在V1微环路中的传递；

各层特点：

L4C：输入


L4B：M+P


L3B：输入类型最丰富


L2/3A：特异性输出到V2


L6：PC种类最丰富


➤ PART1: 速览唐世明团队近几年发表的与macaque V1相关的论文


 2014-Perceptual Color Map in Macaque Visual Area V4


 2017-Long-Term Two-Photon Imaging in Awake Macaque Monkey


 2018-Complex Pattern Selectivity in Macaque Primary Visual Cortex Revealed by Large-Scale Two-Photon Imaging


 2018-Large-scale two-photon imaging revealed super-sparse population codes in the V1 superficial layer of awake monkeys


 2019-Advanced Circuit and Cellular Imaging Methods in Nonhuman Primates


 2020-An Open Resource for Non-human Primate Optogenetics

 2020-Hierarchical Representation for Chromatic Processing across Macaque V1, V2, and V4

 2020-Plaid Detectors in Macaque V1 Revealed by Two-Photon Calcium Imaging

 2020-Spatiotemporal functional organization of excitatory synaptic inputs onto macaque V1 neurons

 2021-Functional organization of spatial frequency tuning in macaque V1 revealed with two-photon calcium imaging

 2021-Orientation Tuning and End-stopping in Macaque V1 Studied with Two-photon Calcium Imaging

➤ PART2: 总结唐世明团队近几年对猕猴V1的研究提供了哪些重要信息，
可以给我们哪些启示， 有哪些十分有趣的问题？

➤ PART1: 速览唐世明团队近几年发表的与macaque V1相关的论文

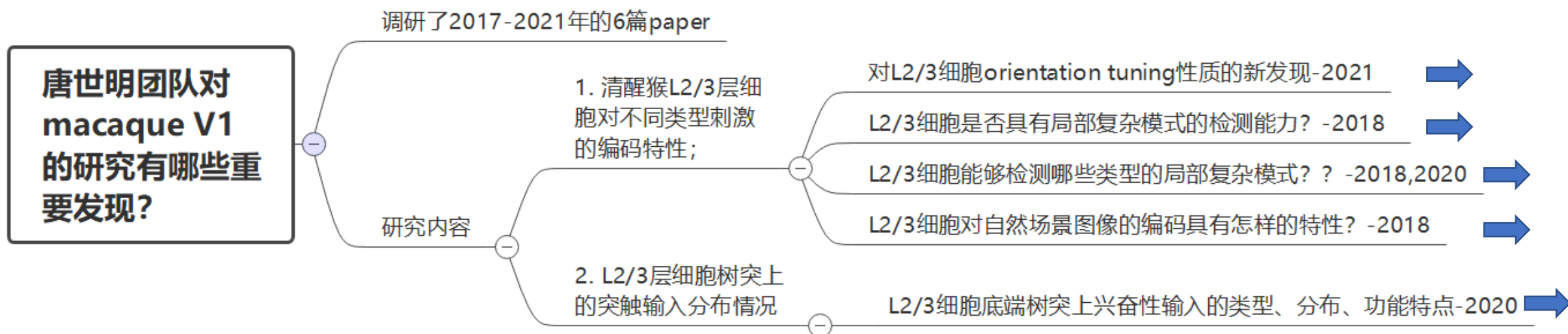
模式动物：猕猴(清醒猴)

研究对象：猕猴V1 L2/3层细胞

技术：双光子钙成像

通过钙信号的成像来间接测量神经元活动；

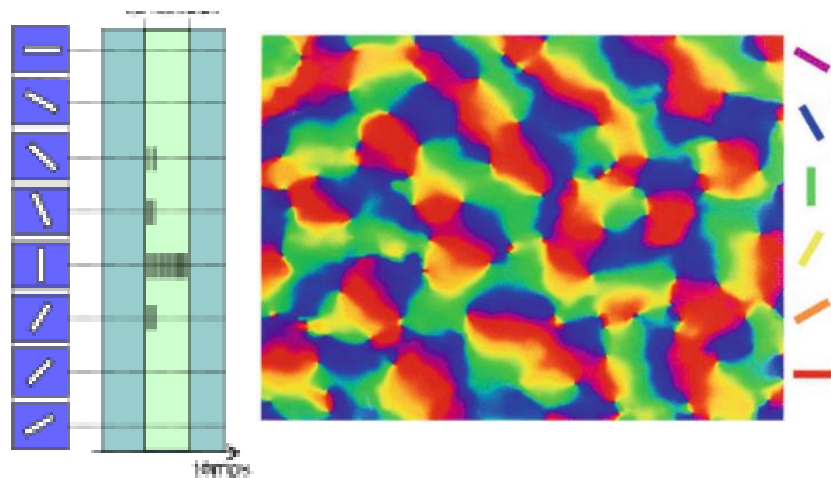
优点：1.空间分辨率高-单细胞尺度；2. 获得大量细胞的活动数据。



Orientation Tuning and End-stopping in Macaque V1 Studied with Two-photon Calcium Imaging

Nian-Sheng Ju¹, Shu-Chen Guan², Louis Tao¹, Shi-Ming Tang^{1,2,3} and
Cong Yu^{2,3,4}

2021; Cerebral cortex

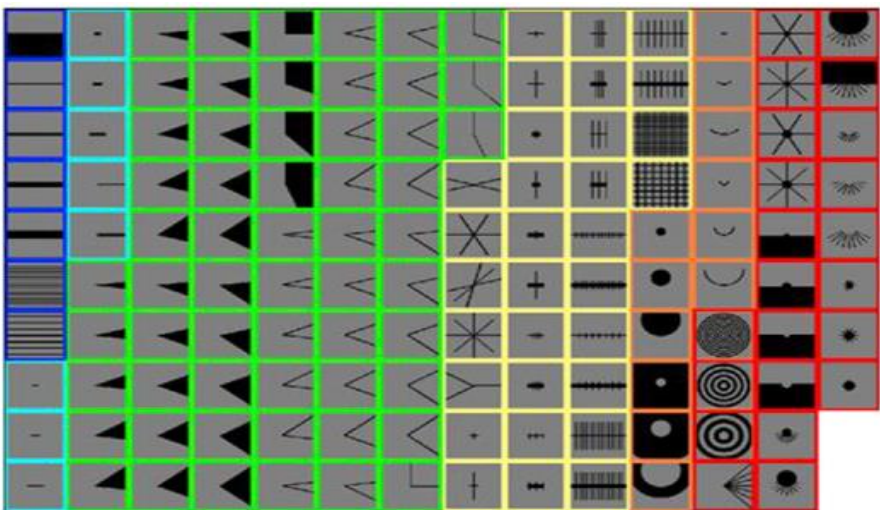


使用双光子钙成像获得了清醒猴V1里L2/3层细胞orientation map的更为准确的测量，发现：

1. 这些细胞的朝向选择性的带宽比之前的要窄，说明细胞的选择性更强；
2. L2/3里更superficial(150um)的部分具有很多对'end-stopping'(短棒)有选择性的细胞->对曲线curvature敏感

作用：帮助构建更为准确的V1细胞朝向处理模型





基本刺激OT: 边/光栅; 短棒;

高阶刺激HO: 角; 交叉线/格子; 曲线; 组合

何为复杂的局部pattern??

由orientation bar所组成更为复杂的局部模式例如:
curvature, corner, junction, 见左图所示

Huber&Wiesel提出了V1 simple cell, complex cell,
hypercomplex cell的概念;

Q: 是否能够在V1里找到编码复杂局部模式的证据??





Current Biology

Complex Pattern Selectivity in Macaque Primary Visual Cortex Revealed by Large-Scale Two-Photon Imaging

2018-Cell Current Biology

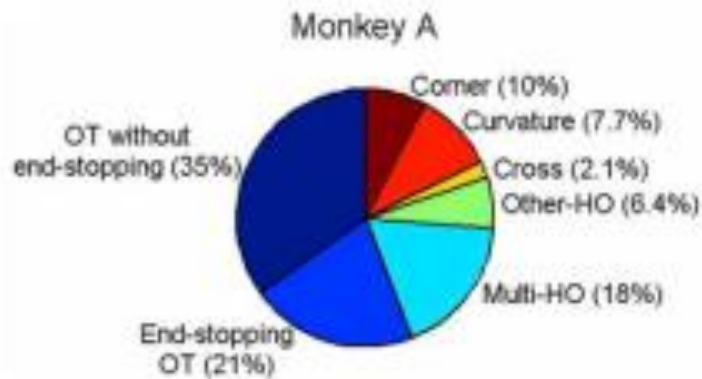
Article

Authors

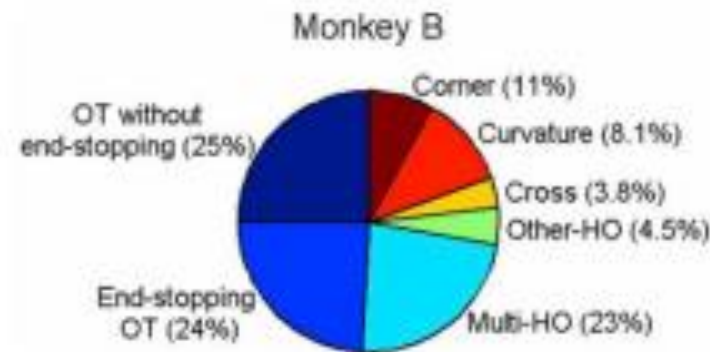
Shiming Tang, Tai Sing Lee, Ming Li, ..., Fang Liu, Benjamin Teo, Hongfei Jiang

两只猴子V1 superficial layer中不同类型细胞的比例

D



E



对细胞特性的分类方式更偏好分为low-level->e.g.如果细胞同时能够对OT和CV有很高的反应(大于最大响应的50%), 则它被分类为OT细胞。

Q: 是否能够在V1里找到编码复杂局部模式的证据??

YES!!! 对macaque V1 L2/3层进行大规模双光子成像

- 发现了curvature-selective cell, corner-selective cell, 对特定朝向的曲线/角度敏感;
- 发现了对交叉线敏感但对角不敏感性的细胞
- 发现对短bar(end-stopping bar)敏感性的细胞也同时对曲线敏感

V1 L2/3里具有很多对高阶局部特征具有选择性的细胞!!



★ Current Biology

Plaid Detectors in Macaque V1 Revealed by Two-Photon Calcium Imaging

2020-Current Biology

Authors

Shu-Chen Guan, Sheng-Hui Zhang,
Yu-Cheng Zhang, Shi-Ming Tang,
Cong Yu

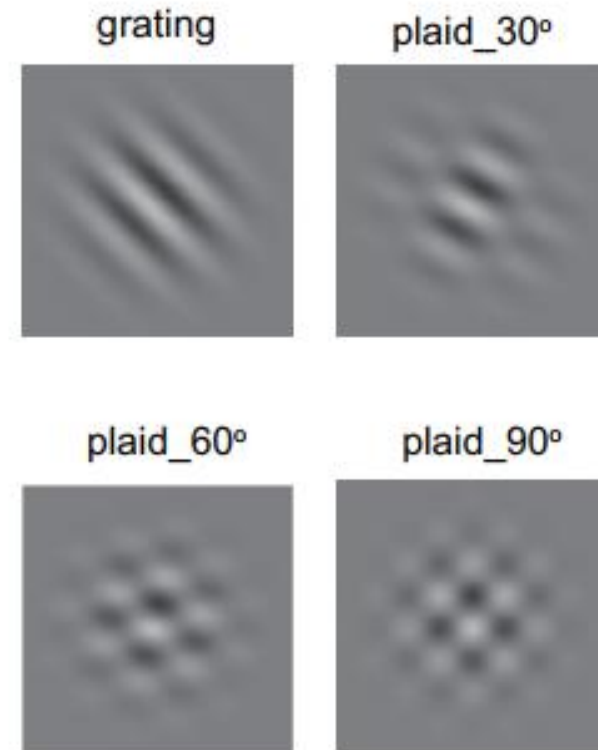
Correspondence

tangshm@pku.edu.cn (S.-M.T.),
yucong@pku.edu.cn (C.Y.)

plaid: 由不同朝向的边组成的图案，可以理解为是一种纹理。
Q: V1是否有细胞为plaid detectors??

本文使用双光子钙成像技术比较了清醒猴V1的L2/3层细胞对grating和plaid的响应，发现：

1. 许多没有朝向选择性的神经元对grating反应很弱，但是对plaids反应很强，并且它们对plaids的朝向具有选择性；
2. 编码grating和plaid的很可能是两组不同的细胞：94%的朝向选择细胞会呈现出cross-orientation抑制；
3. 95%的plaid神经元没有运动方向选择性，因此它们是plaid pattern detector，而不是plaid motion detectors。





Large-scale two-photon imaging revealed super-sparse population codes in the V1 superficial layer of awake monkeys

Shiming Tang^{1,2,3*}, Yimeng Zhang^{4,5}, Zhihao Li^{4,5}, Ming Li^{1,2,3}, Fang Liu^{1,2,3},
Hongfei Jiang^{1,2,3}, Tai Sing Lee^{4,5*}
2018-Elife

使用双光子钙成像，研究清醒猴V1 L2/3层大规模神经元群体在单细胞尺度上对自然视觉刺激的影响，首次获得对清醒猴脑群体稀疏编码的直接测量。

发现：

1. 对每张图像V1里总有一小群神经元(ensemble)有明显反应；

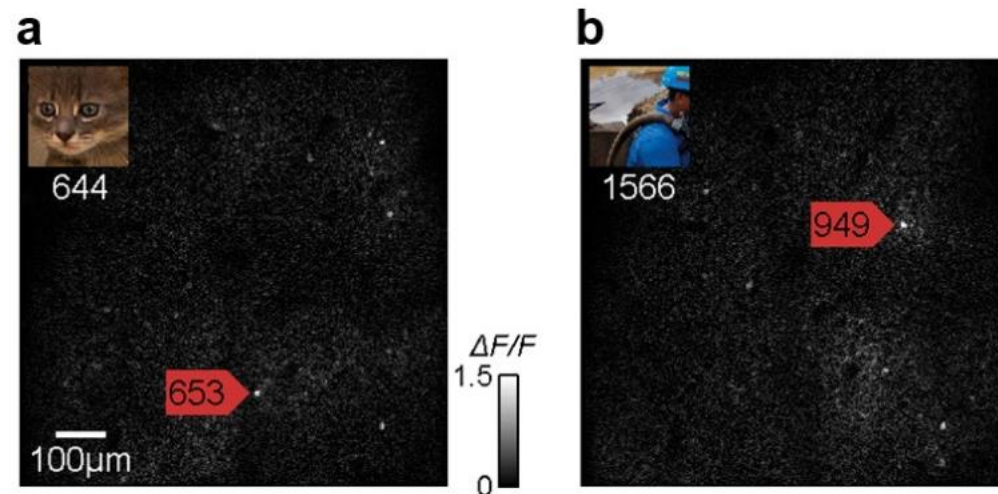
2. V1 L2/3层神经元对自然图像的编码十分稀疏：

神经元群体编码稀疏度约为0.5%；

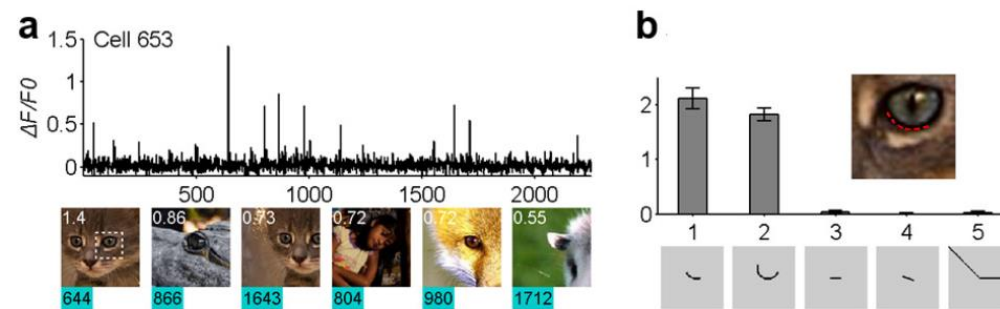
单神经元对刺激的特异性/life-time sparseness约为0.5%。

->高度稀疏性与18年另一篇paper的发现一致(L2/3神经元对复杂模式具有高度选择性)

3. 能够对V1形成的稀疏编码进行高效的解码(对2250个刺激的解码正确率为：54%(monkey-A)和38%(monkey-B)，瞎猜正确率为：0.04%)，->V1稀疏编码能够高效的传递信息



Population sparseness of neuronal responses of V1 layer two neurons to natural scenes



Life-time sparseness in the neuronal responses of V1 layer two neurons to natural scenes





Spatiotemporal functional organization of excitatory synaptic inputs onto macaque V1 neurons

2020-Nature communication

Niansheng Ju^{1,2,3,4}, Yang Li^{1,2,3,4}, Fang Liu^{1,2,3,4}, Hongfei Jiang^{1,2,3,4}, Stephen L. Macknik⁵,
Susana Martinez-Conde⁵ & Shiming Tang^{1,2,3,4*}

使用two-photon dendritic imaging技术，对清醒猴V1 L2/3层神经元的树突上的兴奋性突触输入进行了高时空分辨率的映射；发现：

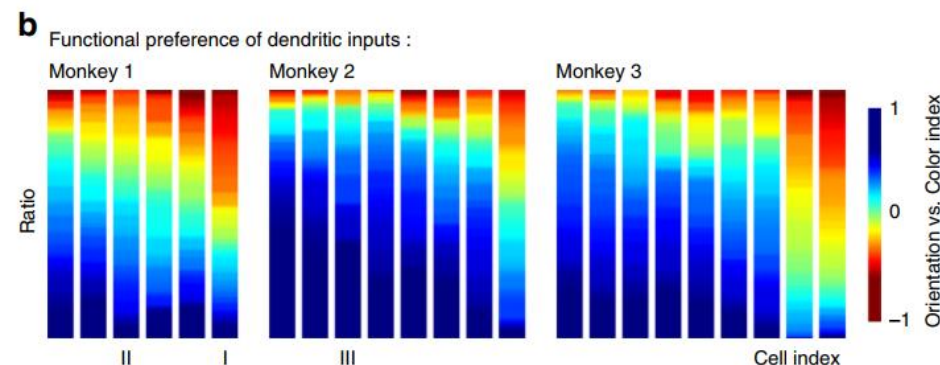
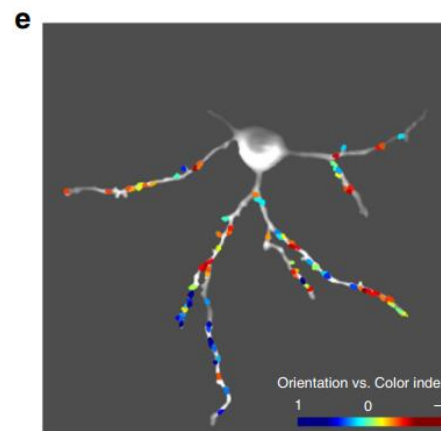
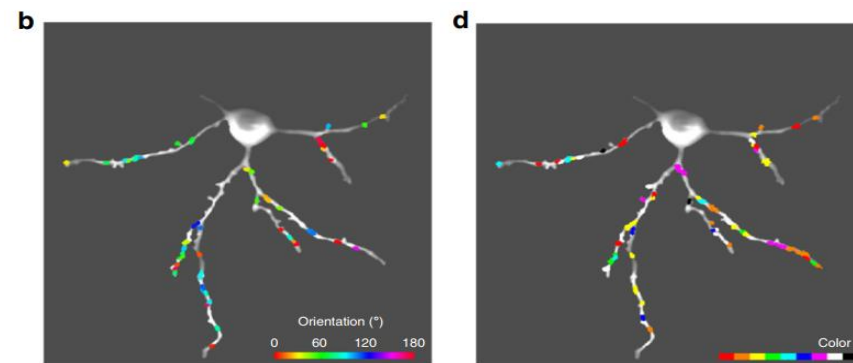
输入类型分布上，L2/3神经元树突接受大量的携带朝向和颜色信息的突触输入(72% vs. 57%, 93% vs. 37% and 80% vs. 34%；与L4很不一样)；

底端树突：

1. 结构上，携带相同朝向/颜色的突触输入倾向于cluster在一起，但是携带朝向和颜色的突触输入则零散的分布。→Q：有何好处？
2. 功能上：不同位置的输入具有不同的偏好不同→单神经元底端树突(basal dendrites)具有在朝向和颜色选择性之间的功能性整合和平衡/调节(trade-off)。

底端树突和顶端树突的功能差异：

时间上，顶端突触的输入时间比底端的输入延迟10ms；RF上，顶端输入具有更大的mean RF→顶端树突更多接受feedback信号，底端树突接受feedforward信号。



总结：

V1 L2/3树突上输入突触类型分布：

携带相同类型信息(朝向/颜色)的突触输入倾向于cluster在一起，但是携带不同类型信息(朝向和颜色)的突触输入则零散的分布->有利于树突上关联各种不同类型的信息

V1 L2/3神经元的编码特性：

➤ 细胞的特异性高：

对简单模式(朝向)的tuning curve有着窄带宽；

对复杂模式(曲线、角、交叉、组合)具有高度选择性；

➤ 检测plaids(格子)的细胞与检测gratings(光栅)的细胞不是同一群

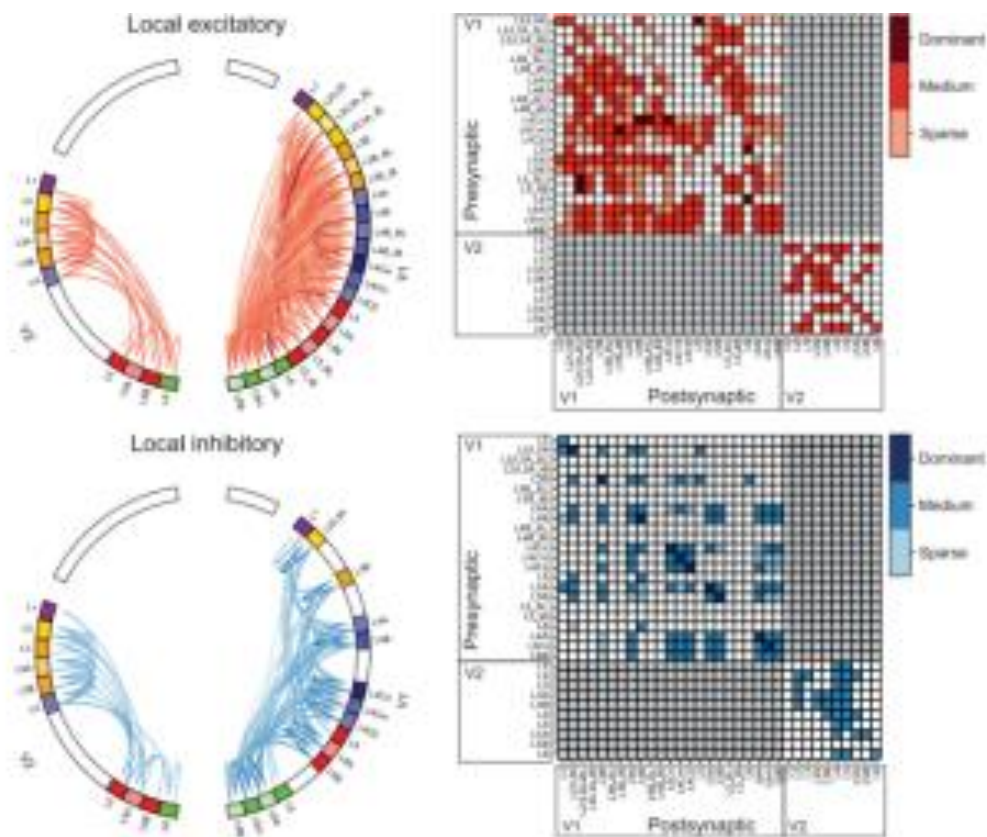
对自然图像的群体编码十分稀疏

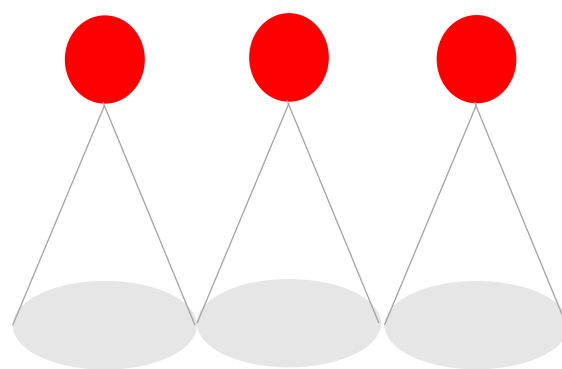
Q：为何V1 L2/3会具有这样的编码模式？ ？ ？

Q：为何V1 L2/3会具有超级稀疏的、对complex pattern高度选择性的编码模式？？？

从连接结构上，V1 L2/3层具有复杂的recurrent连接结构
->水平连接+interneuron调控+feedback
感受野外的刺激(nCRF)可以对神经元CRF的响应起到调控作用
(调控作用的类型：对感受野活动的抑制/增强)

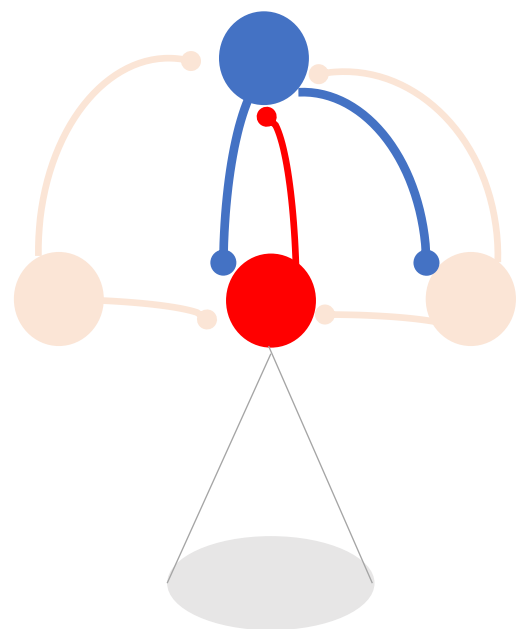
nCRF对CRF的调控让细胞的活动变得“更有趣”！



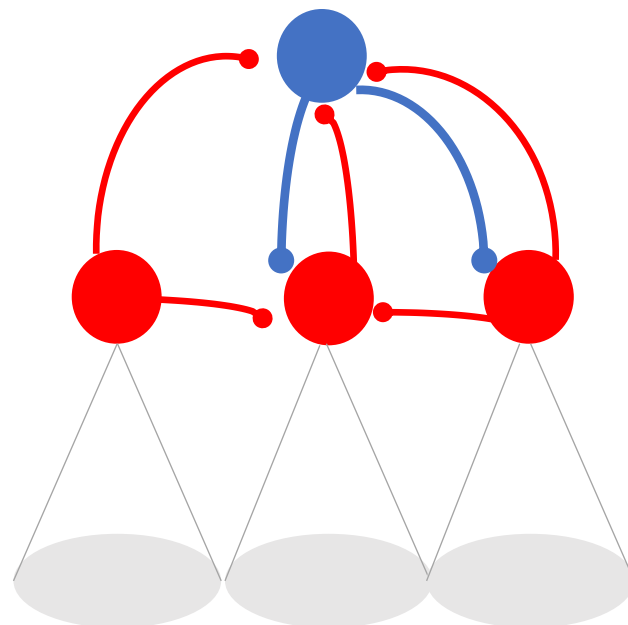


同层神经元的状态互不相干

CNN里神经元的感受野

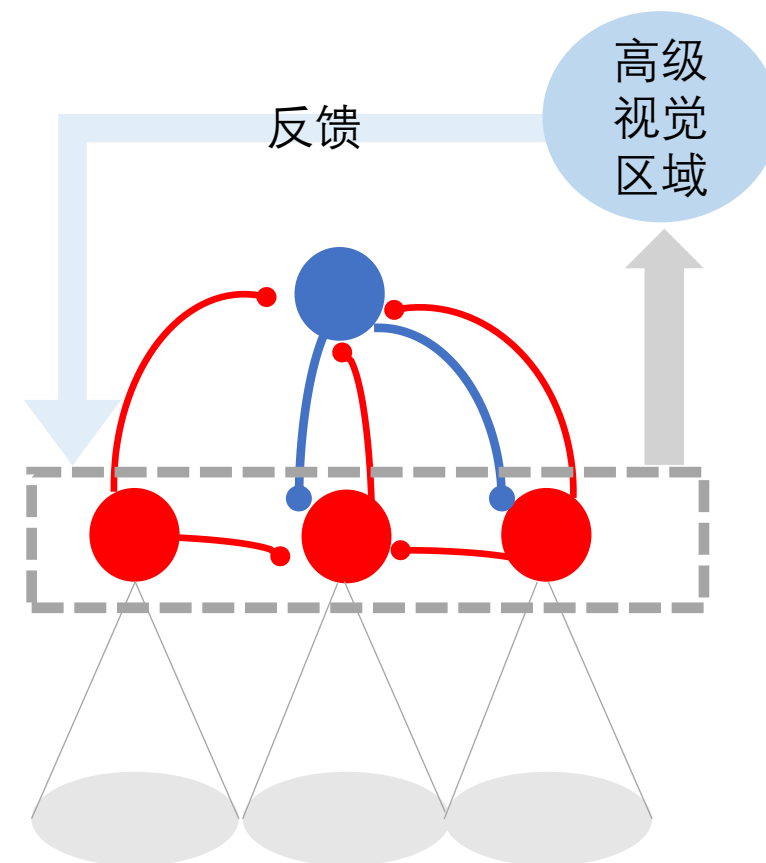


*经典感受野CRF
*前馈->orientation selectivity



V1内复杂的连接类型使得同层神经元之间能够相互影响

*CRF+nCRF
*部分细胞对复杂刺激具有高度选择性
->local complex pattern detector



*CRF+nCRF
*surround suppression

思考的问题：

1. 从生物结构上看：将水平连接、中间神经元的调控以及具有复杂树突的神经元上不同类型突触的分布等一系列重要线索串联起来->探索建模这种复杂模式检测器的机制->CRF+nCRF是如何交互的
2. 从功能上看，为何V1需要具有这种局部复杂模式的检测神经元，这对后续的物体识别到底能够起到什么作用or优势？？
3. 大脑进行稀疏编码的目的和好处是什么？？（能耗、向高级脑区的信息传递效率、避免“灾难性遗忘”，鲁棒视觉等等……）如果不稀疏会怎样？？如何将这些性质用来约束ANN的目标函数？？
4. V1对自然场景和人造刺激的编码有何区别和关系，这对我们形成对真实场景和虚拟场景下人和物的稳定认知有怎样的作用(早期视觉信号处理阶段)？

Thanks!

Functional organization of spatial frequency tuning in macaque V1 revealed with two-photon calcium imaging

Shu-Chen Guan^{a,1}, Nian-Sheng Ju^{b,1}, Louis Tao^b, Shi-Ming Tang^{a,b,c,*}, Cong Yu^{a,c,d,*}

^a PKU-Tsinghua Center for Life Sciences, Peking University, Beijing, China

^b School of Life Sciences, Peking University, Beijing, China

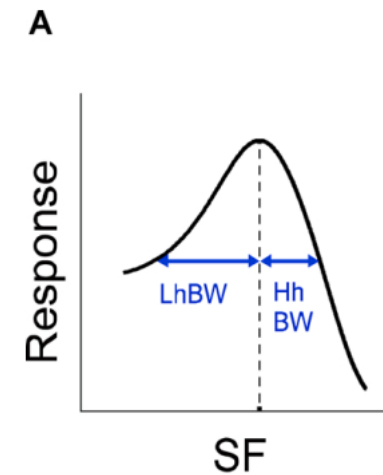
^c IDG-McGovern Institute for Brain Research, Peking University, Beijing, China

^d School of Psychological and Cognitive Sciences, Peking University, Beijing, China

2021, Progress in Neurobiology

利用双光子钙成像研究猕猴V1 L2/3层神经元对空间频率选择性图，发现：

1. L2/3层偏好相似SP的细胞很分散，在水平和垂直空间上均呈现很弱的聚集/距离现象->缺少SF columnar structure
2. 细胞的SF tuning function呈现不对称性->pass低频信号



Asymmetric SF tuning functions