



实验物理中心2024年 职工绩效考核

2024年11月20日

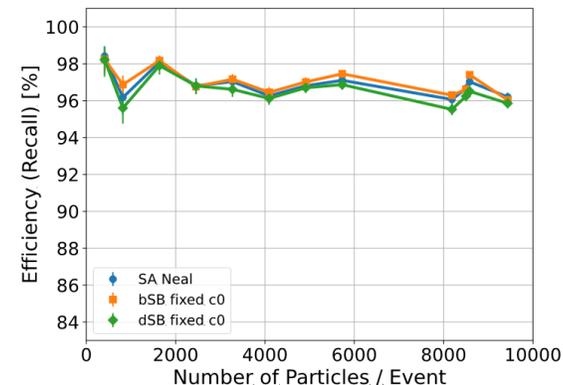
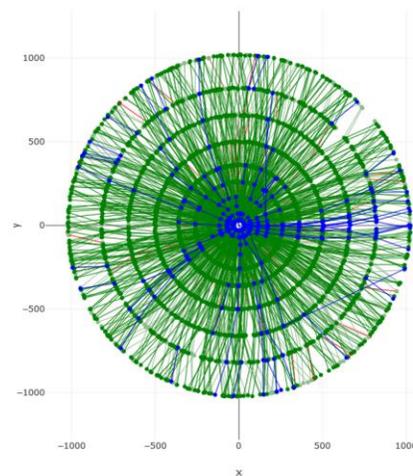
大川(Okawa) 英希(Hideki) 研究员
高能前沿物理组 (ATLAS小组)

岗位职责

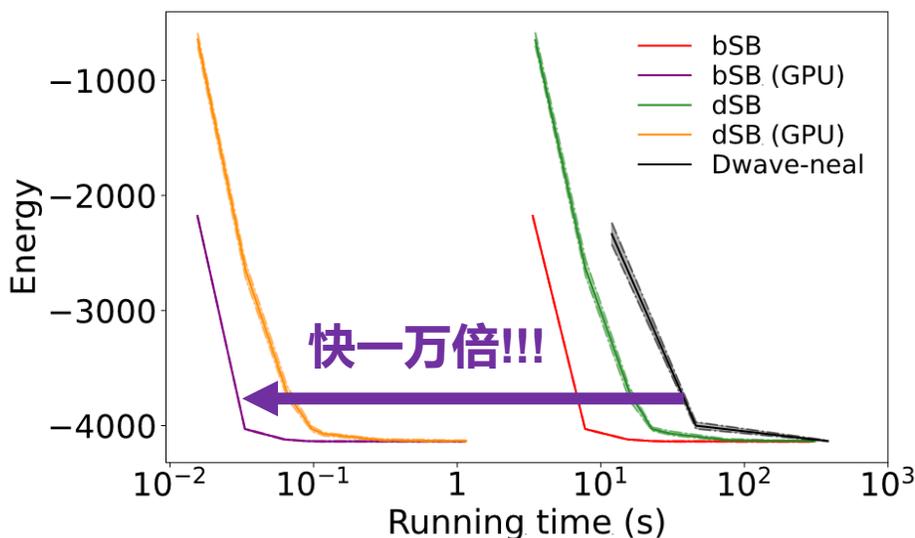
- **ATLAS实验**
 - 物理分析
 - 高颗粒度时间探测器(High Granularity Timing Detector; HGTD)研究
 - Pixel探测器运行
- **CEPC**
- **机器学习**
- **量子计算**

成果1 (量子计算): 用量子启发的径迹重建

- 对于一些问题, 量子启发算法(模拟分叉算法, simulated bifurcation)优于量子退火计算机
- 全球首次用模拟分叉算法为了高能物理。径迹重建性能很好(在HL-LHC最稠密条件, 还保持效率>95%, 纯度>85%)
- 比模拟退火算法快一万倍! 这不是未来的算法, 在正在运行的实验上可以用! (LHC, BESIII等)



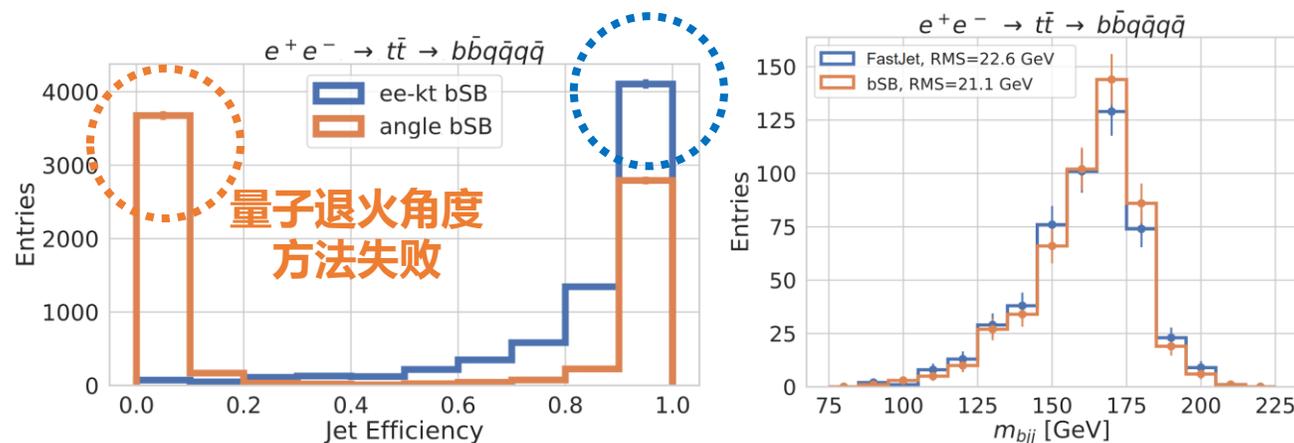
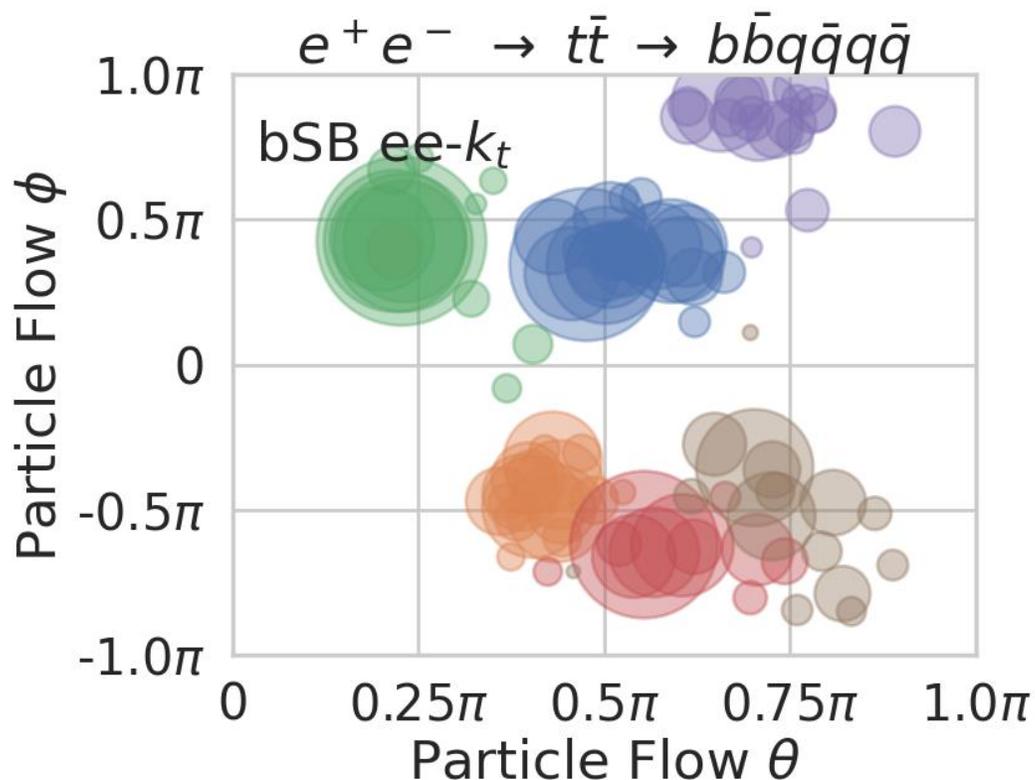
用只一个CPU还是GPU (23分钟→0.13秒)



Data Information		Time to target [s]				
# of particles	QUBO size	bSB	bSB (GPU)	dSB	dSB (GPU)	D-Wave Neal
409	778	0.007	0.021	0.032	0.092	0.060
818	1431	0.012	0.019	0.293	0.478	0.169
1637	2904	0.012	0.019	0.293	0.478	0.169
2456	4675	0.014	0.017	-	-	0.479
3274	6945	0.032	0.022	-	-	1.229
4092	10295	0.005	0.022	0.015	0.065	0.030
4912	14855	0.027	0.016	-	-	2.165
5730	22022	0.109	0.042	-	-	3.853
8187	67570	0.488	0.028	-	-	404.297
8500	78812	1.899	0.108	-	-	785.732
8583	80113	1.321	0.067	-	-	93.782
9435	109498	3.884	0.140	-	-	1366.808

成果2 (量子计算, CEPC): 多喷注重建

我们的算法成功!

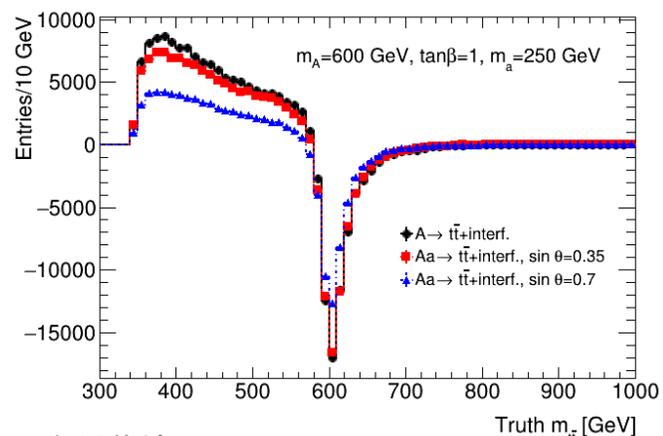
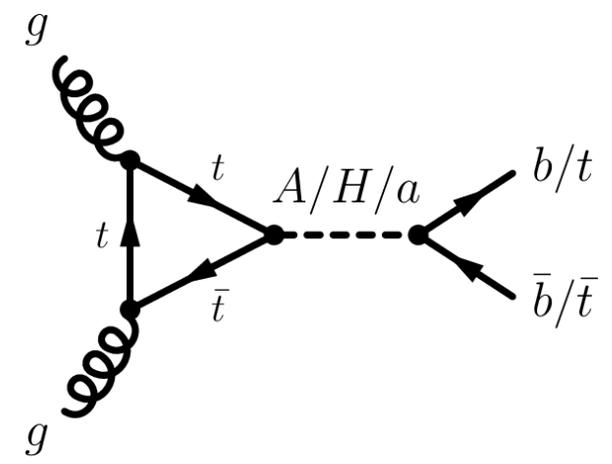


- 量子启发算法对于多喷注重建也非常有用。
- 全球首次成功使用QUBO全局重建多喷注事例!
- 在CEPC快速模拟事例中, **改善了多喷流事例的不变质量分辨率 (顶夸克~7%)**
- 可以在FPGA上运行, 可能用于触发。

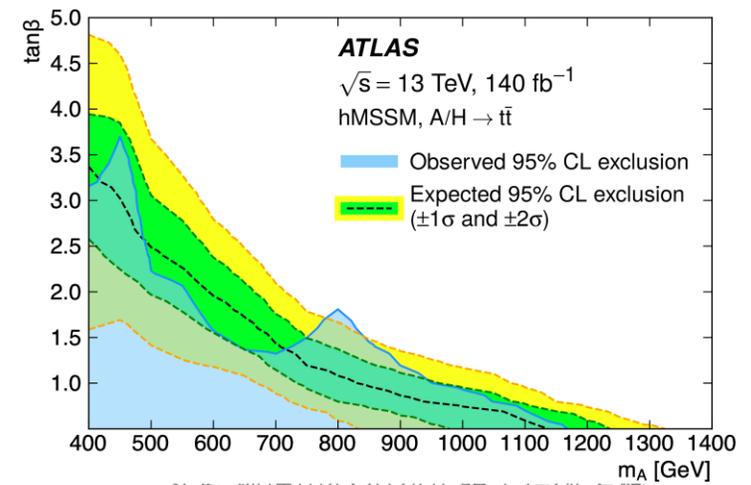
H. Okawa (通讯), X.-Z. Tao, Q.-G. Zeng, M.-H. Yung,
arXiv: 2410.14233 (2024), 已投稿至Physics Letters B

成果3 (ATLAS): 新重希格斯粒子搜索 ($A/H \rightarrow t\bar{t}$)

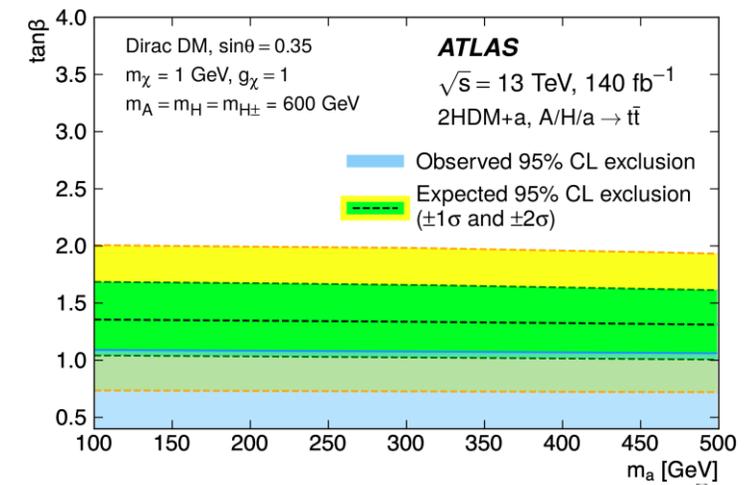
- 用LHC full Run-2数据。 $t\bar{t}$ 衰退是唯一针对low $\tan \beta$ 新重希格斯粒子敏感的物理分析。
- 我和我博士后负责2HDM+a暗物质模型解释，详细调查了干扰效果并获得了limit。 $\rightarrow A/H \rightarrow t\bar{t}$ 比 $t\bar{t}A/H \rightarrow t\bar{t}t\bar{t}$ 对2HDM+a模型更敏感!
- 在 $m_{tt} \sim 450, 800$ GeV有小excess。我们正在讨论Run-3分析计划。



大川英希

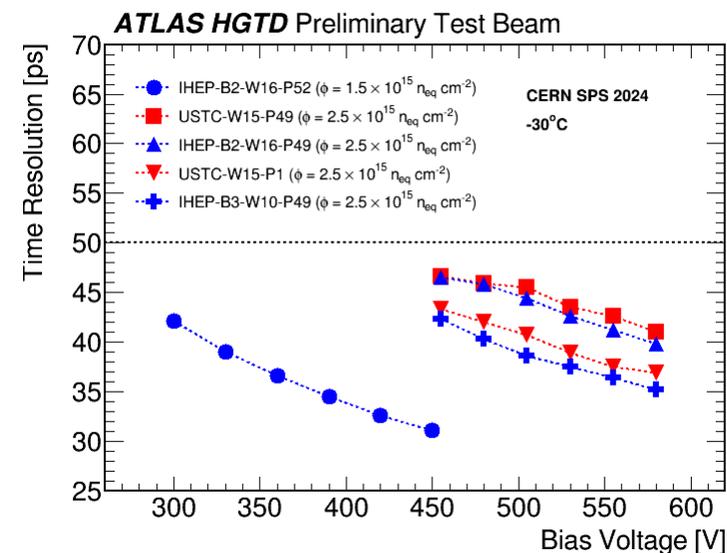
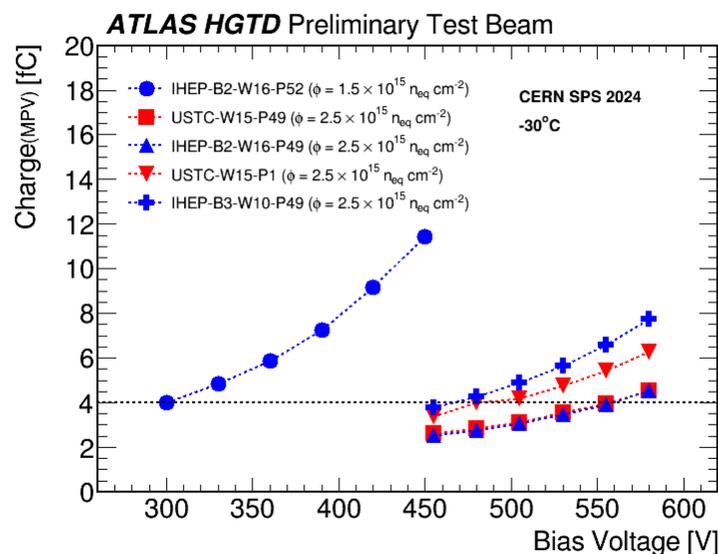
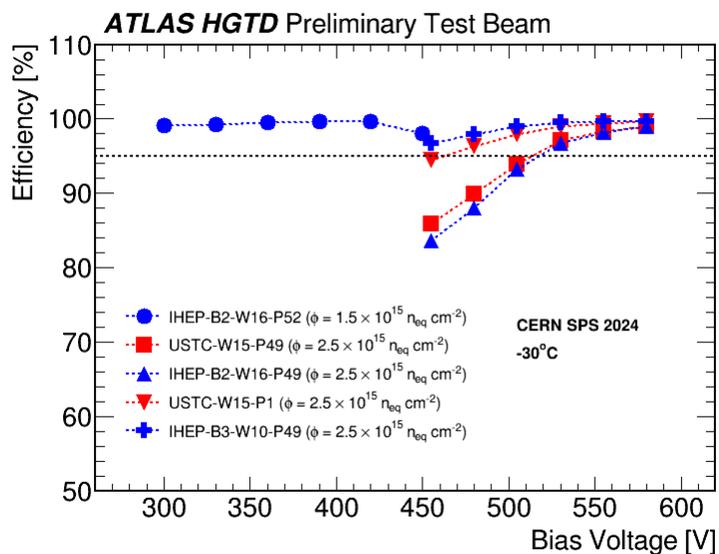


大洲物理中心2024年硕士毕业论文



成果4 (ATLAS): 高颗粒度时间探测器(HGTD)

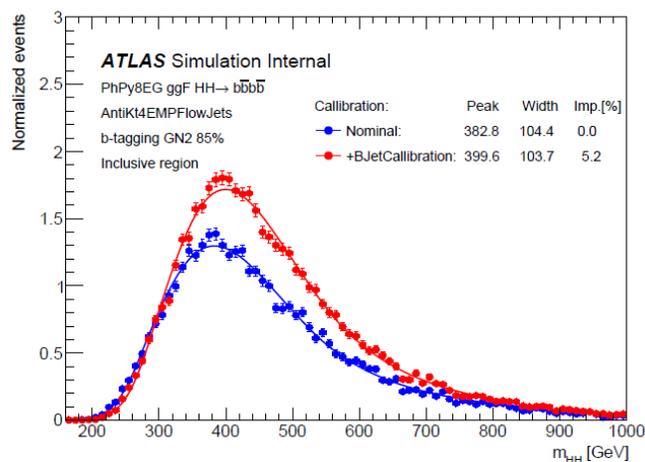
- 我指导的博士后(Khuram Tariq)常驻在CERN并积极贡献测试束流(testbeam)活动: CERN SPS (5-6月) 和DESY (2-3月, 11-12月)
- 完成了CERN SPS测试束流传感器数据分析, 结果获批。



进展1 (ATLAS): 双希格斯搜索 (4b, bb $\tau\tau$)

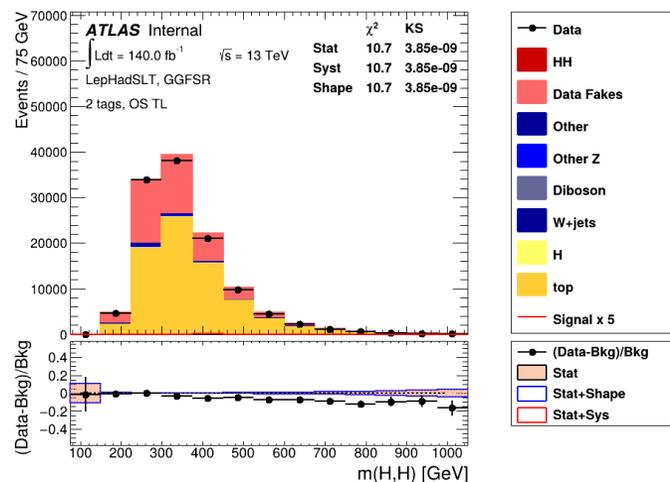
- HH \rightarrow 4b, bb $\tau\tau$ 是对双希格斯粒子产生最敏感的三个通道之二。
- 参加Run 2+partial Run 3双希格斯搜索。
- 积极为高优先级任务做出贡献: b喷注能量修正 [4b], 伪 τ 本底估计 [bb $\tau\tau$]
- 正在准备应用前沿机器学习算法 (Spa-Net, NSBI)。

b喷注能量修正 [4b]



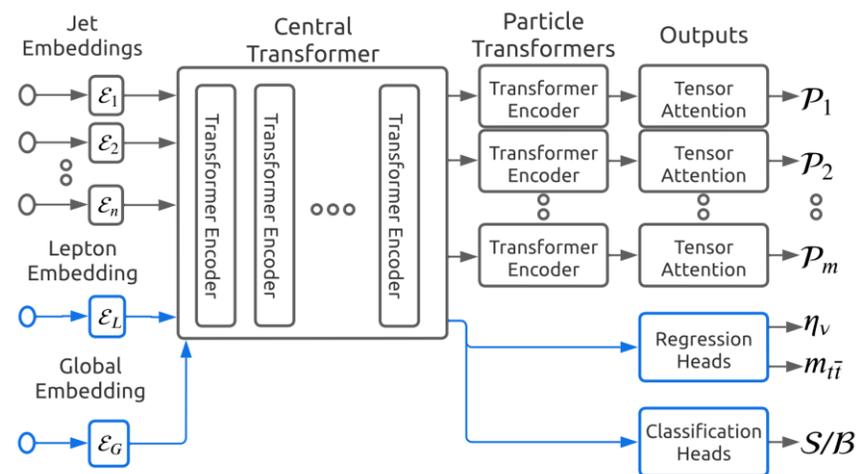
大川英希

伪 τ 本底估计 [bb $\tau\tau$]



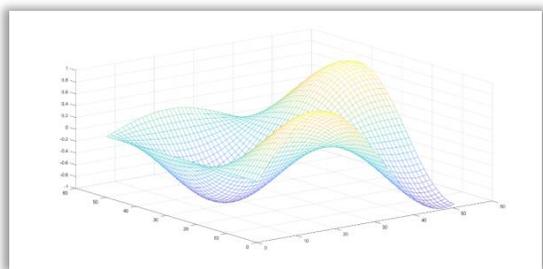
实验物理中心2024年职工绩效考核

我们开发的Symmetry Preserving Attention Network (Spa-Net)

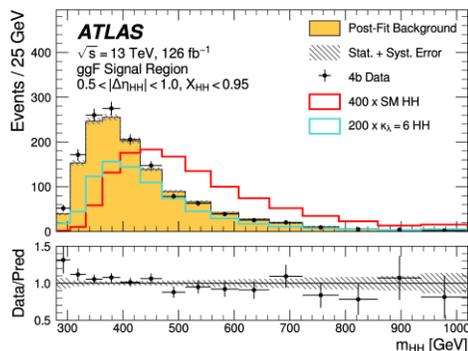


进展2 (ATLAS,机器学习): 基于神经模拟的推理

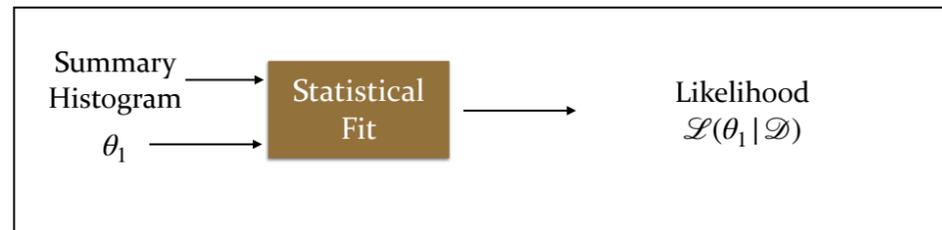
高维数据



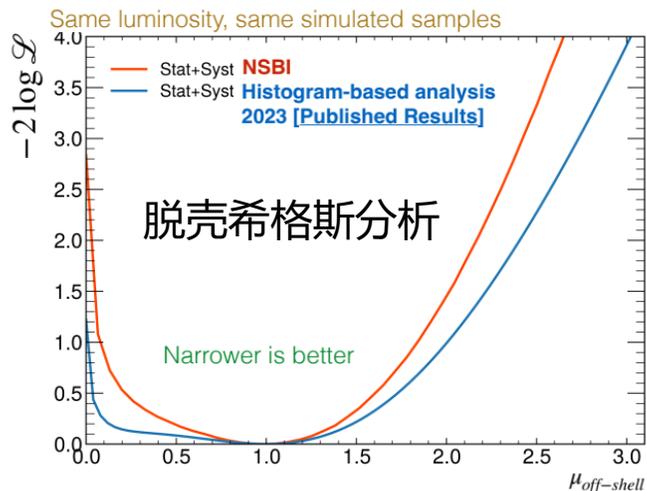
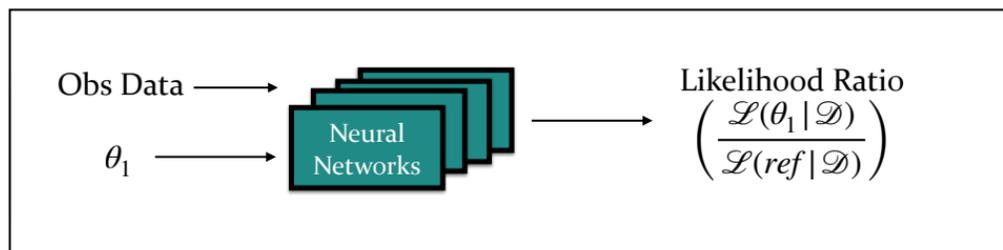
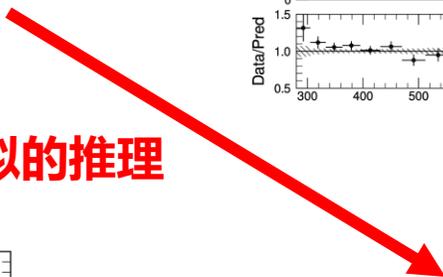
传统方法



修改来自Aishik Ghosh的图片



神经模拟的推理



- 传统方法使用判别变量的一维直方图 → 重大信息丢失
- **神经模拟的推理 (Neural simulation-based inference; NSBI) 可以保留原来数据的信息 (高维, 非分箱)。**
- **和美国加州大学尔湾分校合作, 计划在双希格斯搜索 (HH→4b) 上应用。**

论文 (4篇期刊, 1篇审批中, 2篇科普)

1. [量子计算] [H. Okawa \(第一著者, 通讯\)](#), QG Zeng, XZ Tao, MH Yung, Quantum-Annealing-Inspired Algorithms for Track Reconstruction at High-Energy Colliders. Springer Comput Softw Big Sci **8**, 16 (2024)
2. [机器学习] M.J. Fenton, A. Shmakov, [H. Okawa \(第三著者\)](#), Y. Li, K.-Y. Hsiao, S.-C. Hsu, D. Whiteson, P. Baldi, “Reconstruction of Unstable Heavy Particles Using Deep Symmetry-Preserving Attention Networks,” [Nature Communications Physics](#) **7**, 139 (2024)
3. [量子计算] [H. Okawa \(单独著者\)](#), “Charged particle reconstruction for future high energy colliders with Quantum Approximate Optimization Algorithm,” Springer Communications in Computer and Information Science 2036 (2024) 272.
4. [ATLAS] ATLAS Collaboration, Search for heavy neutral Higgs bosons decaying into a top quark pair in 140 fb⁻¹ of proton-proton collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector, JHEP 08 (2024) 013.
5. [量子计算, CEPC] [H. Okawa \(第一著者, 通讯\)](#), XZ Tao, QG Zeng, MH Yung, Quantum-annealing-inspired algorithms for multijet clustering, arXiv:2410.14233 (2024), 已投稿至Physics Letters B.
6. [科普-量子计算] [H. Okawa](#), W. Li, J. Cao, [Physics World关于高能所的量子计算应用情况 \(Editor's suggestion\)](#) <https://physicsworld.com/a/ihep-seeks-quantum-opportunities-to-fast-track-fundamental-science/> (2024年2月)
7. [科普-量子计算] [H. Okawa](#), X. Huang, [Physics World关于高能所-山大的量子计算应用情况 \(Editor's suggestion\)](#) <https://physicsworld.com/a/ihep-sdu-in-search-of-quantum-advantage-to-open-new-frontiers-in-high-energy-physics/> (2024年11月)

国际会议报告 (9个报告包括ICHEP, CHEP)

1. [机器学习] H. Okawa, Spa-Net, Higgs 2023, Beijing, Nov. 2023. (分会报告)
2. [机器学习] H. Okawa, Spa-Net, Intelligent Computing 2023, Dec. 2023 (分会报告)
3. [量子计算] H. Okawa, Quantum Tracking, Intelligent Computing 2023, Dec. 2023 (分会报告)
4. [量子计算] H. Okawa, Quantum Tracking, ACAT 2024, Mar. 2024 (分会报告)
5. [量子计算] H. Okawa, Quantum Tracking, **ICHEP 2024**, July 2024 (分会报告)
6. [量子计算, CEPC] H. Okawa, Quantum jet clustering, **CHEP 2024**, Oct. 2024 (分会报告)
7. [量子计算, CEPC] H. Okawa, Quantum jet clustering, HE-CEPC 2024, Oct. 2024 (分会报告)
8. [ATLAS升级] K. Tariq, testbeam sensor analysis, ATLAS HGTD Week, July 2024 (分会报告)
9. [ATLAS升级] K. Tariq, ATLAS Phase-II Upgrade, Higgs Hunting, Sep. 2024 (**大会报告**)

国内会议报告，学术报告（8个报告，2个预期）

1. [量子计算] 大川英希, Quantum tracking, EPD seminar, 2024年2月, 高能所 (学术报告)
2. [量子计算] 大川英希, Quantum tracking, 粒子物理实验径迹重建研讨会, 2024年5月, 郑州 (大会报告)
3. [量子计算] 大川英希, Quantum tracking, 粒子物理实验软件与计算研讨会, 2024年6月, 杭州 (大会报告)
4. [量子计算, CEPC] 大川英希, Quantum reconstruction, 量子计算和机器学习研讨会, 2024年8月, 长春 (大会报告)
5. **[量子计算] 大川英希, 量子计算在高能物理中的应用, 第十四届全国粒子物理学术会议, 2024年8月, 山东 (大会报告)**
6. [量子计算, CEPC] 大川英希, Quantum reconstruction, 李政道研究所-粒子核物理研究所联合演讲, 2024年10月, 李政道研究所-上海交大 (学术报告)
7. [量子计算, CEPC] 大川英希, 量子重建, 第十届中国LHC物理会议, 2024年11月, 山东 (分会报告)
8. [ATLAS] K. Tariq, HGTD testbeam analysis, 第十届中国LHC物理会议, 2024年11月, 山东 (海报)
9. (预期) [量子计算, CEPC] 大川英希, Quantum-annealing-inspired, 《国家科学评论》物理与信息科学前沿论坛, 2024年11月, 深圳 (分会报告)
10. (预期) [量子计算, CEPC] 大川英希, Quantum-annealing-inspired, 2024年11月, 深圳量子院 (学术报告)

争取项目与经费

- **基金委面上项目 (63万元; 2022年1月-2024年12月) [主持]**: 在大型强子对撞机 LHC上的 CMS 实验中搜索新重希格斯玻色子的双顶夸克衰退
 - 改CMS→ATLAS, 高粒度量能器(HGCAL)→高颗粒度时间探测器(HGTD)
 - 包括相关的机器学习方法开发(Spa-Net等)
 - **中科院百人计划B (600万元, 2023年11月-2026年12月) [主持]**
 - **科技部国家重点研发计划 (2100万元): 基于ATLAS 高亮度数据检验标准模型和 Higgs 机制与寻找新物理 (预期明年开始) [参与, 项目骨干]**
 - 青年千人经费 (200万元[学校]+200万元[基金委]; 2022年6月结束) [主持]
 - 基金委与CERN合作研究项目 (500万元; CMS实验, 2021年1月-2022年9月离开) [参与]
- [申请]
- 基金委杰青项目: 未获批

公共服务（教育，值班等）

【教育】

- 接受3位本科生来所实习（清华，中科大，重庆）
- 科创计划2024-2025（山大2位，吉林3位）
- 参加2024年夏令营的招生咨询会
- 博士论文评审（高能所1位，上海交大1位）
- 担任中心年度考核评委

【值班】

- 我博士后(Khuram Tariq)常驻CERN。积极贡献ATLAS运行值班和HGTD测试束流值班：
 - **ATLAS运行值班 (Inner Detector): 24 OTPs (+2.5 OTP [reserve shifts])**
 - **ATLAS Pixel Run Manager: 14 OTPs**
 - **HGTD测试束流@CERN, DESY: 3次(+1次11月末预计)参加了。一共6周 (+1周预计)。**

学术交流、学术发展规划

[国内]

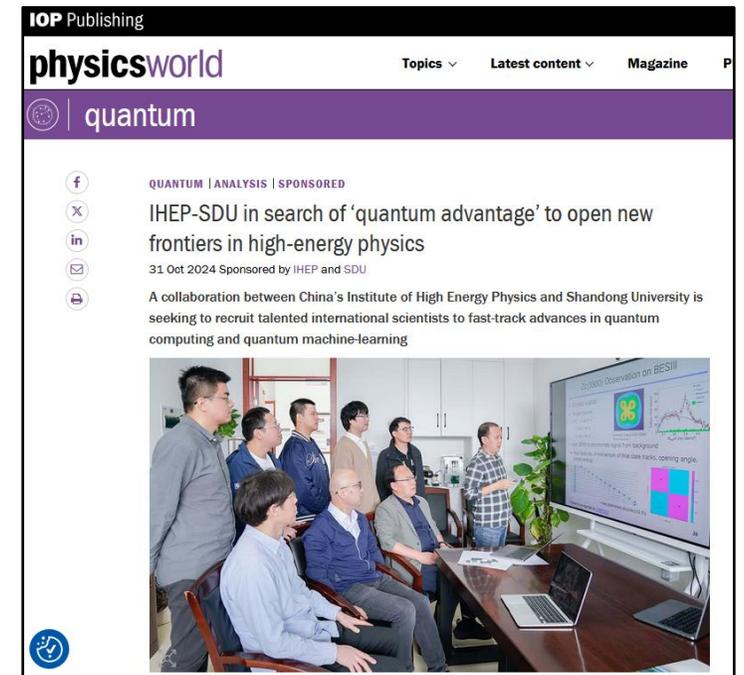
- 2023年成立**高能所-山东大学联合Q4SimRec组**(在重建和探测器模拟中量子计算应用研究组), 并担任**共同负责人 (co-convenor)**
- 与深圳量子科学与工程研究院继续合作
- 积极交流国内的量子计算公司和研究所

[国外]

- 与**美国加州大学尔湾分校**继续合作**开发革新深度学习方法**

QCSimRec组

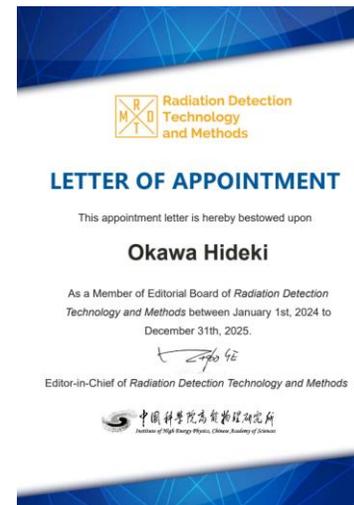
(图片来自Physics World科普)



其它贡献

- **高能所机器学习合作组执行委员**
 - 2024年10月开始，任期1年。
 - 负责量子计算方面。
- 量子计算和机器学习研讨会的组委（2024年8月在长春）
- 正在准备机器学习和量子计算冬季学校（2025年1月）
- 期刊Radiation Detection Technology and Methods的编委（2024年1月-2025年12月）

机器学习合作组启动仪式（2024年10月）



存在问题

- 没有严重的问题。
- 因为2022年10月加入高能所，团队比较小 (1位博士后，1位硕士生，1位本科生预计明年9月入学高能所读研)。继续招聘博士后和研究生。
- 需要继续提高中文水平。

总结和 下年度工作计划

- LHC Run-2物理分析已完成。继续增加对HGTD的贡献。
- 今年成功成为全球量子启发算法应用的pioneer之一。
- 在所有的研究方向（尤其是机器学习和量子计算）中都取得了好成绩：
4篇期刊论文，1篇论文审批中，2篇科普

[下年度工作计划]

- 继续LHC Run-2+3 双希格斯物理分析 (4b, bb $\tau\tau$)
- 贡献HGTD活动: 继续积极贡献测试束流等
- 完成新机器学习研究题目，在ATLAS实验应用
- 扩展量子计算研究（包括实际实验的应用）