

注视精确度和注视准确度规格

Tobii 近来采纳了测量注视精确度和精确度的综合方法，可对不同遥测型眼动追踪系统的性能进行比较。这份 Tobii TX300 规格是这些测量的初步结果的精简版，2011年初将会有最终的测试结果和关于完整方法描述的说明。

注视准确度指实际注视点到眼动仪测试点间的角平均距离。

注视精确度指单个注视样本间的空间变化。

注视准确度和注视精确度是以视角的度数来衡量的。距离屏幕 65 cm (26") 处的一度准确度相当于屏幕上 11 mm (0.45") 的平均误差。

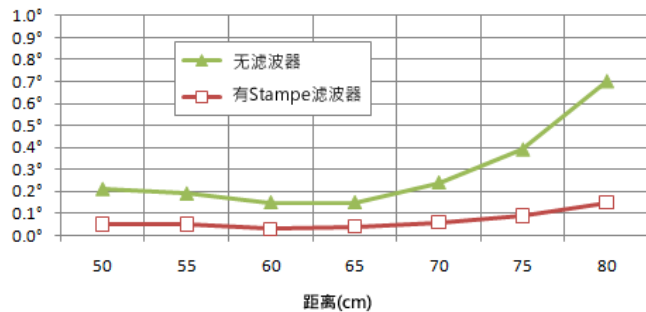
注视精确度

精确度测量使用人造眼球进行测量，以消除人眼造成的人为现象。Tobii 详细说明了有无噪音消除滤波器的精确度，所有精确度都在 300 Hz 采样频率和 65 cm (26") 距离下测量，精确度取连续样本的均方根 (RMS) 计算。

| | 单目 ¹⁾ | 双目 ¹⁾ |
|--------------------------------------|------------------|------------------|
| 有 Stampe 滤波器的精确度²⁾ | 0.06° | 0.04° |
| 无滤波器的精确度³⁾ | 0.22° | 0.15° |

不同距离的精确度

精确度取决于离眼动仪的距离。下表显示不同距离的精确度，数据为双目数据。



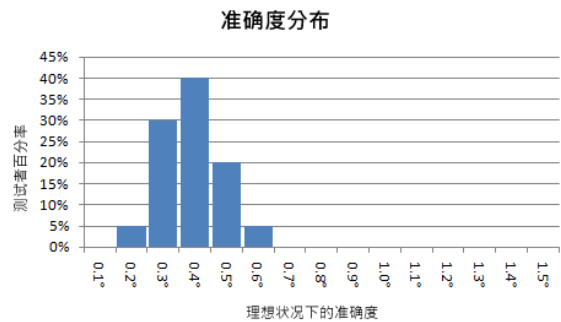
- 1) 所显示的单目数据以单个眼睛数据为基础，双目数据是两只眼睛数据的平均值。
- 2) Stampe (Behavior Research Methods, Instruments & Computers 1993, 25 (2), 137-142) 指一般用于眼动追踪数据的噪音消除滤波器。这些测量应用了Stampe第2阶段算法。
- 3) 原始数据，无任何噪音消除滤波器。
- 4) 理想状态下的准确度是在头动范围中心将测试者固定于腮托上进行测量。在严格控制的实验室环境下，定标后立即采集数据，保持恒照度、九个刺激点、注视角度 $\leq 18^\circ$ 。测量对20位不戴隐形眼镜、眼镜、无眼下垂的测试者进行，根据屏幕上九个测试点的几个数据样本计算每一位测试者的准确度，最终呈现的准确度数据是所有测试者中的最低准确度。

注视准确度

准确度是直接理想状态下测量，将测试者在严格控制的实验室环境下固定在腮托上。但是，选择遥测眼动追踪系统的一个重要依据是避免使用腮托，容许更自然的测试条件。

以下规格提供了各种存在影响非限制性眼动追踪测试情况下的准确度信息，如定标后头部位置改变或光线条件发生变化。

| | 单目 | 双目 |
|-------------------------------|------|------|
| 理想状况下的准确度⁴⁾ | 0.5° | 0.4° |



大注视角度下的准确度⁵⁾

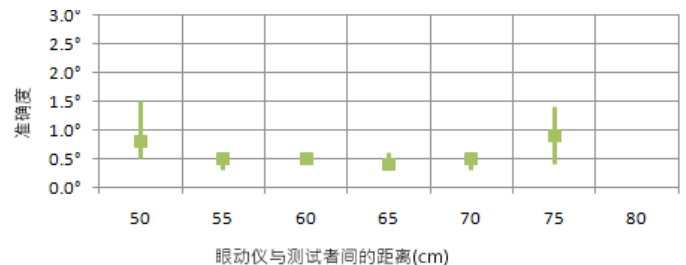
| | | |
|---------|------|------|
| 25° 注视角 | 0.5° | 0.4° |
| 30° 注视角 | 0.6° | 0.5° |

不同光照度下的准确度⁶⁾

| | | |
|--------------------|------|------|
| 1 lux | 1.1° | 0.9° |
| 300 lux | 0.5° | 0.4° |
| 600 lux | 0.6° | 0.4° |
| 1000 lux | 0.6° | 0.5° |
| 白色刺激材料背景 (300 lux) | 0.8° | 0.6° |

不同距离下的准确度⁷⁾

线框表示所有测试者在眼动仪与测试者间不同距离情况下的最小、最大和平均准确度。



- 5) 注视角度大时很难获得高准确度，但测试大刺激材料时高准确度很重要。例如，测试者距离屏幕 65 cm (26") 时，23" 屏幕的上角相对于眼动仪中心的 31° 视角。
- 6) 测量测试者头部前各个方向的照明度。当刺激材料亮度或实验室照明发生变化时，瞳孔的大小和形状受到影响，不加以补偿，就可能极大降低准确度。Lux 是光照强度的计量单位。
- 7) 测试者位于头动范围中心后进行定标。测量时应确定测试者相对于眼动仪的精确位置，应沿眼动追踪感应器轴线进行测量。图表中显示的数据为双目数据。

Tobii TX300 眼动仪规格

| | |
|-----------------------------|--|
| 采样频率 (双目) | 300 Hz |
| 采样频率变化率 ¹⁾ | <0.3% |
| 处理延迟 ²⁾ | 1.0–3.3 ms |
| 整体系统延迟 ³⁾ | <10 ms |
| 时间标记精确度 | |
| 通过同步输出端口 ⁴⁾ | <0.1 ms |
| 每一组数据样本规定 ⁵⁾ | 标准差 40 μs |
| 眨眼后恢复追踪时间 ⁶⁾ | 立即 |
| 失去追踪后恢复时间 ⁶⁾ | 10–165 ms |
| 65 cm距离的头动自由度 ⁷⁾ | 37 x 17 cm (15 x 7 “) |
| 眼动仪与测试者间的操作距离 | 50–80 cm (20–31”) |
| 最大头动速度 ⁸⁾ | 50 cm/s (20” /s) |
| 最大注视角度 | 35 度 |
| 追踪技术 | 暗瞳 |
| 数据样本输出 (每只眼) | 时间标记 眼睛位置 注视点 ⁹⁾ 瞳孔直径 ¹⁰⁾ 有效性代码 ¹¹⁾ |
| 连线 | 局域网(TCP/IP – 数据样本) 12 针连接线 (LVDS 同步输出端口) 3.5 mm 音频插头 (音频输入) |
| 眼动仪处理器 | 嵌入式 |
| 内置扬声器 | 3 W |
| 重量 | 6 kg |
| 大小 (不含支架) | 55 x 24 x 6 cm (22 x 9 x 2 “) |

- 1) 在非最优化追踪条件下的采样率 (取决于眼睛影像曝光时间) 误差。
- 2) 处理延迟是指眼动仪处理器进行影像处理和计算眼睛注视所需的时间。
- 3) 从眼睛影像曝光的中点时刻到通过客户电脑的API (应用编程接口) 获得样本的平均时间 (假设为专用千兆位以太网连接)。它包括半影像曝光时间, 加上影像读出和传输时间, 再加上将数据样本传输到客户计算机的时间。
- 4) 同步输出端口信号相对于眼睛实际开始影像曝光的最大瞬时误差。
- 5) 客户应用软件接收的数据样本的时间标记精确度的瞬时误差标准值, 包括眼动仪处理器与客户计算机间的时钟同步偏差。
- 6) 指系统在没有检测到测试者眼睛到重新开始追踪所耗时间, 在短暂的几百毫秒以后, 系统将立即重新进行追踪, 但仅在同一近似头部位置进行追踪, 这保证了系

Tobii TX300 屏幕规格

| | |
|------------|------------------------|
| 屏幕大小 | 23 “ |
| 长宽比 | 16:9 |
| 屏幕分辨率 (最大) | 1920 X1080 像素 |
| 屏幕反应时间 | 标准 5 ms |
| 内置网络摄像头 | 640 x 480 @ 30 fps |
| 重量 | 4 Kg |
| 连接线 | USB (网络摄像头) DVI/VGA |

软件选择

下列应用软件可与 Tobii TX300 兼容:

Tobii Studio 2.2

Tobii Toolbox for MATLAB

E-Prime Extensions for Tobii

Tobii SDK (Tobii 软件开发工具包) 编写的其它应用软件¹²⁾

硬件包

Tobii TX300 硬件包包括:

眼动仪装置

显示器

数码角度仪

系统在眨眼后可以立即重新获取追踪。正常追踪条件下, 样本不会在眨眼之前、之中或之后丢失, 而是在眼皮运动期间由于瞳孔封闭可能会出现丢失。在短暂的几百毫秒以后, 系统将在头动范围内重新搜索眼睛, 在一定时间后重新开始追踪。大约一分种后, 系统将进入“慢速搜索”模式, 这需要更多的恢复时间。

- 7) 指至少一只眼睛处于眼动仪可视范围内的区域, 计算方法为宽 x 高。
- 8) 指进行稳定追踪时允许的最大头动速度, 该数值为侧向头部运动。
- 9) 既是相对于刺激材料平面以毫米为单位的绝对坐标, 也是刺激材料平面上的标准化的坐标。根据眼睛位置和注视点, 可计算精确的注视角度数。
- 10) 经过精确算法计算出的瞳孔直径, 该算法可对球角膜放大效应和与眼睛间的距离进行补偿。
- 11) 有效性代码可指示出系统是否已正确辨别采集到的眼睛是左眼还是右眼的样本。
- 12) 在 Tobii 眼动仪应用软件市场 (appmarket.tobii.com) 上可搜索和下载大量 Tobii SDK 应用软件。

Tobii TX300 眼动仪

用于研究眼动机能和 自然人人类行为



- 300 Hz
- 更大
头动范围

- 300 Hz 的采样率, 适用于扫视、凝视、眨眼的研究
- 更大头动范围, 允许对自然人人类行为数据的非侵入式采集
- 高度准确和精确的数据为眼动研究提供坚实基础
- 具有基于屏幕的刺激材料和实物刺激材料的多种灵活设置方案

Tobii TX300 眼动仪

Tobii TX300 眼动仪设立了遥测眼动仪的新标准。它独特的 300 Hz 采样频率、高精度、强大的追踪功能、较大头动补偿方式的组合，拓展了对动眼机能和人类行为进行非侵入式研究的可能性。

研究眼球运动如扫视和瞬间凝视。采集自然人类行为无需使用任何束缚性装置，如腮托等。Tobii TX300 使眼动仪可灵活地选用多种刺激材料设置和软件种类。



研究动眼机能，采集自然人类行为数据

Tobii TX300 眼动仪以 300 Hz 频率采集注视点数据，并允许较大的头动范围。该系统专为有更高采样频率要求的眼球运动研究而设计，如扫视、校正扫视、凝视、瞳孔大小变化和眨眼等。在行为研究中，测试者无需固定于带有束缚性的腮托上。

Tobii TX300 适用于：

- 神经科学（如同时研究眼动追踪和脑电图数据）
- 眼科学研究
- 阅读研究
- 心理学研究（如发展心理学和语言心理学研究）
- 依靠低延迟技术研究注视跟随范式（Gaze-contingent paradigms）

更高的采样频率和更大头动范围的独特结合，有利于开展对运动自由度有较高要求的研究，包括行为研究或儿童眼动研究。

刺激材料设置与软件选用的灵活性

• Tobii TX300 眼动仪将眼动追踪装置和可移除式23寸宽屏TFT显示器组合在一起。眼动仪既可与显示器组合使用，也可单独使用。该系统的模块化设计允许刺激材料呈现在显示器上，亦可研究真实景物平面或场景（如外部视频屏幕、投影和实物）。

• 大量研究应用软件都可与 Tobii TX300 兼容，包括 Tobii Studio 2.2、MATLAB Tobii Toolbox、E-Prime Extensions for Tobii，更多基于 Tobii Software Development Kit（Tobii SDK，Tobii 软件开发工具包）编写的应用软件可在 Tobii 眼动仪应用软件市场 appmarket.tobii.com 上找到。

• Tobii TX300 可与脑电分析系统（EEG）共同使用，如由德国 Brain Products 公司、美国 EGI 公司和荷兰 ANT公司所生产的脑电测量分析系统。

• 同步输出端口可实现与外部设备的实时同步动作。收集每一个数据样本时，眼动追踪仪就发送精确的触发信号。



多种刺激材料设置和软件的选择提供系统的灵活性，是研究部门加以使用和进行各种研究的理想选择。

自由头动与非侵入式设计

- 头动范围大，允许测试者在刺激材料面前自由和自然移动。若测试者移出头动范围之外，再进入头动范围内，眼动追踪将立即继续进行。
- 所有硬件，包括眼动追踪技术、摄像头和扬声器，全部与眼动追踪装置和显示器整合为一体，不会干扰测试者。
- 稳定可靠的定标功能，保证了长时间测试环节中无需重新进行定标。

自由头动和非侵入式设计允许行为研究中的测试者运动自如，从而保证了研究的真实性。测试者不会感到疲惫，可进行长时间的精确研究。

数据正确、精确、可靠

- Tobii TX300眼动仪可提供真实生活环境中大注视角度情况下的高度正确和精确的注视位置数据。
- 当测试者有相对于眼动仪的位移时，头动补偿算法确保了数据高度的正确性和精确性。
- 先进的漂移补偿算法可以保证在不同光照条件下的高度正确性和精确性。

• 强大的追踪功能可将数据丢失降至最低，无论测试者的种族、年龄，是否配戴眼镜和隐形眼镜、是否涂有睫毛膏或是否眼睑下垂。

- 在低光照条件、较大和较快头部运动条件下仍保持稳定的追踪能力。
- 稳定的采样频率使注视数据与其它来源数据如脑电图分析系统（EEG）数据实现精确的同步。
- 有效的双眼追踪可实现个体的眼球运动研究。

• 眼动追踪的原始数据包括瞳孔直径信息，可用于瞳孔大小变化的研究。

高度正确和精确的数据有助于对微小的眼球运动和观察行为进行细致研

究，保证了研究结果的可靠性。强大的追踪功能可以使您对多种被试人群进行研究。

使用简便

- 快速和全自动化定标程序，具有灵活的设置选项，能适应眼动追踪困难的测试对象，如儿童和低注意力测试者。
- 通过简单指令实现全自动化追踪。
- 大部分标准 Windows 计算机都可进行简单安装和设置。

• 具有相应的硬件配置和软件支持，可使用实物刺激材料进行研究。

操作简便，可在短时间内得到结果，各类研究者包括学生，无需接受专业的培训就可以使用该系统。

Tobii 已经研发了许多独特的创新技术，可在不同条件下提供高质量的数据。部分创新列举如下：

3D 生理模型

Tobii 研发了一种高度复杂的 3D 模型，用于描述人类眼睛的几何形状及其特点。在眼动追踪的定标过程中，Tobii TX300 对 3D 模型进行了定制运算，为每一位测试者提供独特的参数。该模型包括眼睛大小，形状，眼角膜、眼瞳和玻璃体的屈光和投影特性，以及光轴和视轴等参数。当测试者的头部离开定标时的头部位置，或室内光线相对于定标时的光线发生变化时（瞳孔大小变化时），Tobii TX300 仍能正确处理这些情况。与复杂度较低的注视方向算法和方法相比较，该算法实现了对于头动和瞳孔漂移更为准确的补偿。

双感应器技术

Tobii TX300 具有双影像感应器，可实现“3D 视频”，它能够准确测量眼动追踪感应器与测试者眼睛的距离。双感应器对头动进行精确补偿，在测试者与感应器间的距离发生变化时，也对瞳孔大小测量进行补偿。感应器提供两套数据用于注视数据的计算，极大提高了精确度，减少了冗余数据量，即使一个感应器无法正常工作，仍然能保证强大的追踪性能。

精确的感应器控制

精确的感应器控制使眼动仪处理器与影像感应器密切配合，准确控制和测量感应器的曝光时间，以获得连续的采样频率和每个眼数据点的准确时间标签。它保证了眼动追踪数据与刺激材料呈现及其它数据的准确同步，如 EEG。

高质量感应器

Tobii TX300 使用目前一些最高质量的定制感应器，具有最佳的光敏度和极高的像素分辨率。这对于获得高精度，容许较大头动范围和实现高采样频率是至关重要的。