arXiv:2601.01946v1 [cs.RO] 5 Jan 2026

从指标到意义：关于零售机器人部署的混合方法现场实验洞见

Sichao Song*
CyberAgent
东京，日本
song_sichao@cyberagent.co.jp

Yuki Okafuji*
CyberAgent
东京，日本
okafuji_yuki_xd@cyberagent.co.jp

Takuya Iwamoto*
CyberAgent
东京，日本
iwamoto_takuya_xa@cyberagent.co.jp

Jun Baba*
CyberAgent
东京，日本
baba_jun@cyberagent.co.jp

Hiroshi Ishiguro
大阪大学
日本，丰中市
ishiguro@irl.sys.es.osaka-u.ac.jp

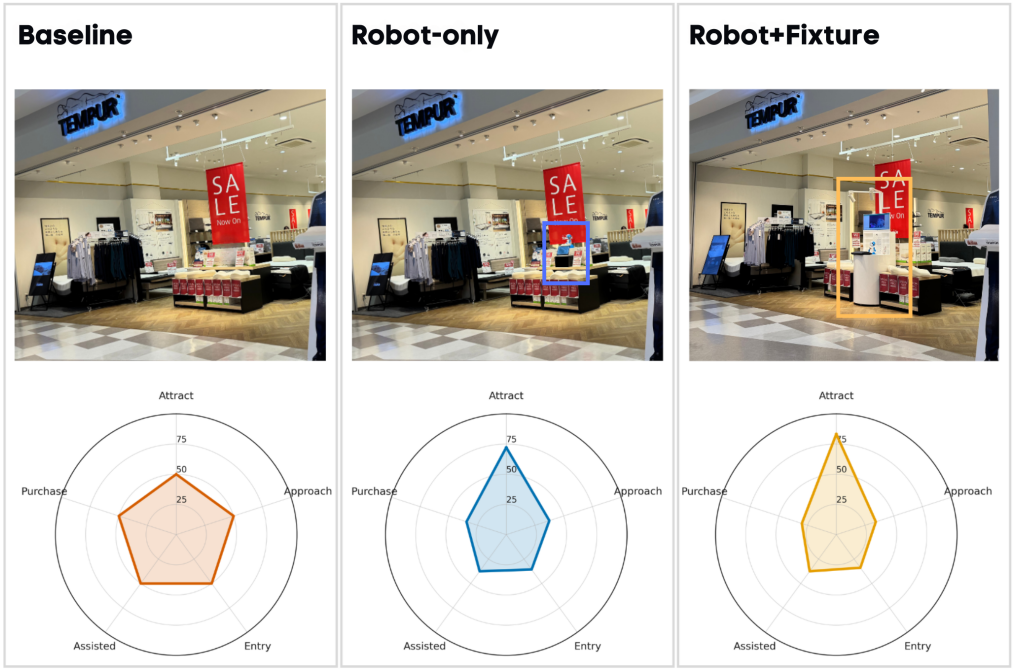

图 1：上：基线、仅机器人和机器人+展具条件下的店面场景。下：吸引、接近、进入、协助和购买的雷达图（刻度为 0–100，基线在每个轴上固定为 50；购买量按每位停留者计算）。机器人提升了吸引力和停留率（配备展具时最高），但店员主导的步骤（接近、进入、协助）有所减少，因此每位停留者的购买量基本持平。

摘要

我们报告了一项混合方法现场实验，研究一款对话式服务机器人在一家营业中的寝具门店里，如何在日常排班由员工自行决定的情况下部署。为期 12 天，我们交替采用三种实验条件——基线（无机器人）、仅机器人和机器人+展具——并对视频进行了标注从路人到购买的服务漏斗。随后采用解释型序贯设计，通过六次实验后员工访谈来解读定量模式。

从量化结果来看，机器人提高了每位路人的停留情况（搭配展具时增幅最大），但每位停留者后续发生的店员主导步骤——店员接近、进入商店、协助体验和购买——均有所减少。访谈解释了这一分歧：店员会避免打断正在进行的机器人与顾客的交谈；对话延迟让他们难以把握模糊不清的介入时机；他们还指出，以儿童为中心的吸引力往往让顾客在门口就满足了好奇心。展具增强了可见性，但也让互动集中在门槛处，形成一个界限分明的微型空间，让顾客无需进入店内就能“解决”需求。

*也与大阪大学合作。

本作品采用知识共享署名 4.0 国际许可协议。*HRI '26*，爱丁堡，苏格兰，英国
© 2026 版权所有归所有者/作者所有。ACM ISBN
979-8-4007-2128-1/2026/03 https://doi.org/10.1145/3757279.3785588

我们综合这些线索，构建了一套整合性解释，描述顾客从最初表现出兴趣到进入门店的过程，并据此提出可付诸实践的指导建议。研究结果深化了我们对顾客、员工与机器人之间互动的理解，并为在高接触型零售环境中部署服务机器人提供了实用建议。

CCS 概念

• **以人为中心的计算** → 人机交互实证研究。

关键词

人机交互（人机交互）、零售机器人、混合方法、实地实验、员工视角、服务机器人

ACM 引用格式：

Sichao Song、Yuki Okafuji、TakuyaIwamoto、Jun Baba 和 HiroshiIshiguro。2026。从指标到意义：零售机器人部署混合方法现场实验的启示。载于《第*21*届*ACM/IEEE*国际人机交互会议论文集》（*HRI '26 19, 2026, 16*9），*2026*年*3*月，苏格兰爱丁堡。ACM，纽约，纽约州，美国，页码。https: //doi.org/10.1145/3757279.3785588

1 引言

服务机器人日益广泛地应用于零售场景，以吸引路人的注意力 [12, 26, 29], 推广产品 [9, 16, 34], 展示品牌体验 [5, 10, 27],并支持一线工作 [24, 36, 37]。尽管相关研究仍相对少见，但现场研究一致报告称，注意力、停留次数和停留时间均有所增加 [4, 6, 14, 15, 22], ，在某些场景中，试用、推荐和购买等后续行为也发生了变化 [8, 30, 32, 34, 35]。然而，将吸引力转化为有意义的参与并非易事：效果取决于机器人在入口处的部署方式、空间与对话的协调方式，以及顾客是否认为该场景容易接近 [6, 13, 19]。为探讨这些问题，先前研究梳理了关键的店内指标——路人、停留、触碰和购买，并考察了机器人在不同位置和角色下的效果差异 [4, 6, 28, 33]。

尽管取得了这些进展，许多文献仍以指标为中心，且研究时间较短，往往只关注单一利益相关方（顾客），并未在同一次部署中充分纳入一线员工的解读。这是个问题，因为真实门店中的交互动态具有三方特征：机器人—店员—顾客之间的协调，决定了注意力能否转化为接近与协助 [1, 7, 17, 21]。因此，近期研究开始考察店员与机器人的协作，以及如何明确这种协作，从而引导顾客从门槛处的注意转向店内互动 [20, 33, 38]。长期实地研究补充了这些见解，展现了顾客行为和店员预期在实践中如何演变，以及"有用性"对双方而言逐渐意味着什么 [31]。然而，在同一次真实场景部署中采取整体性、多利益相关方视角的研究仍然罕见。缺少这类研究，实用知识便难以获得。

从另一个角度来看，实体零售店越来越多地被设计成场景化体验，而不只是销售点。店铺氛围——布局、标识、陈列设施以及员工的呈现方式——会在对话开始前影响注意力和接近决策 [2, 13, 23]。从这个视角来看，单靠机器人是不够的。就其本身而言，机器人主要能提升顾客在入口处的停留意愿和好奇心，但其后续影响可能有限。在本研究中，我们考察了将机器人布置在微型精品店中时，是否会带来有意义的转化。微型精品店是指一个小型、经过精心设计的入口场景，以展具为核心，清晰呈现商品提案、指示接下来的行动，并让顾客为顺畅交接给人工销售代表做好准备。以往研究很少考察这类实用场景布置元素。

受这些问题的启发，我们在日本一家寝具零售店开展了混合方法现场实验（图1）。我们与店长合作，完善了研究构想、总结了设计原则，并确立了研究目标。在为期12天的店内部署中，我们比较了三种实验条件——基线（无机器人）、仅机器人和机器人+展具——同时通过视频标注顾客行为及后续结果（如店员接近、进入商店、购买）。通过采用包含展具的实验条件，我们模拟了以更贴近实际实施的方式引入机器人，而非仅仅将机器人作为演示设备进行布置。在研究期间，我们不仅关注机器人的影响，还考察展具能否以及如何成为一种可行且有效的机器人布置方案。随后，我们对六位店员进行了实验后访谈，以解读观察到的模式，并深入了解店员如何理解与机器人协同工作。我们的研究发现将发生了什么变化与变化为何发生联系起来，揭示了指标背后的解读、策略与摩擦。

1.1 研究目标（RO）

为明确本研究的方向，我们提出两个研究目标，将量化结果与一线员工的解读联系起来：

- **RO1：** 探究在真实零售环境中部署服务机器人（包括将展具作为布置方案）的方式如何影响顾客行为和服务结果。

- **RO2：** 了解零售员工如何感知和解读机器人部署的影响，并确定实际部署中需要考虑的新问题。

对于 RO1，我们量化不同实验条件下的驻足率（每位路人）、店员接近率、进入商店率和购买结果（每位停留者）的差异。对于 RO2，我们分析员工关于介入时机、店员、机器人与展具之间角色分配以及感知到的权衡的叙述。

1.2 研究贡献

本文从三个方面为人机交互领域作出贡献。首先，我们提供了来自三种条件部署的实地证据，揭示了在真实门店中机器人出现与顾客注意力及后续服务结果之间的联系。其次，我们将指标与一线人员的解读相结合，通过不打扰规范、入口锚定和角色协商，解释反直觉的现象（例如，注意力提升而店员接近次数减少）。第三，我们总结出可操作的部署建议，包括明确但轻量的交接、将"吸引"与"推荐"安排在不同空间，以及选择既能保持可接近性、又能利用注意力提升的布置方案。

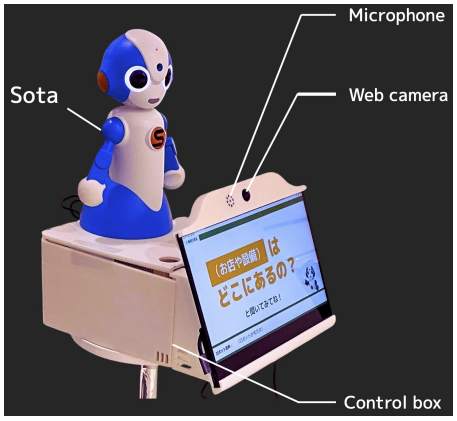

图2：服务机器人系统（机器人、底座和显示屏）。

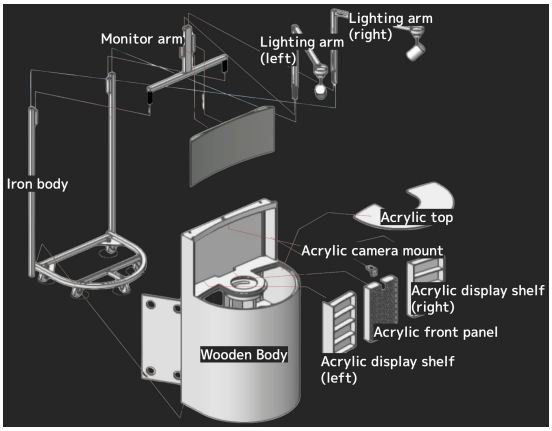

图 3：用于入口布置的展具（机器人平台、用于放置样品的亚克力顶板及储物空间）。

2 方法

本研究与一家寝具零售店合作，在其正常商业运营期间开展。部署和数据处理遵循机构伦理审查要求及门店协议。本研究已获大阪大学研究伦理委员会批准（参考编号：R1–5–9）。

2.1 混合方法研究方法

我们采用了解释型序贯混合方法设计 [11, 25] 。

实地实验期间，两名研究人员在现场开展工作，记录结构化观察日志，并进行初步计数（例如进店人数和店员接近情况），以便实时发现重要现象。门店还使用一台内部计数器统计进店人数，我们在部署期间获取了相关数据。部署结束后的第一周内，我们趁店员对经历记忆犹新时开展了半结构式访谈；访谈问题参考了现场观察和初步指标，以保留解释性意图。访谈结束后，我们完成了详细的视频标注和统计分析，并在解释阶段整合定量与定性研究部分，将观察到的模式与店员意义建构联系起来。

2.2 服务机器人系统

我们使用了一台外形稚气的小型人形机器人（“Sota”，Vstone Co., Ltd.；身高约 28 厘米）。机器人可以通过手臂和身体旋转做出简单动作，并配有三盏面部 LED 灯（眼睛和嘴部），用于传达富有表现力的信号。如图 2 所示，机器人下方的紧凑型控制盒内装有一台运行行为控制器的迷你电脑。语音功能使用 Google Cloud Speech-to-Text 和 Google Cloud Text-to-Speech API。对话内容生成和对话状态管理则使用 OpenAI API（GPT-4 系列）。前置显示屏用于展示简短提示、产品信息和简单的行动号召。

2.3 展具

我们与门店共同设计了一个简易的入口装置（图 3）。该装置为机器人提供了稳固的平台，并设有亚克力顶板，可将样品枕头放在机器人前方，方便购物者立即触摸。

尺寸约为 0.70 米（宽）× 0.58 米（深）× 1.68 米（高）；平台高度约为 0.82 米，使大多数购物者能够舒适地与机器人平视。装置采用中性色（白色）饰面，以契合门店的美学风格；同时考虑了照明设计，以提升可见性，又不使入口显得杂乱。

2.4 现场实验设计

门店。研究地点是一家专营床垫、枕头和睡眠配件的床上用品零售门店。店员待客服务是其服务模式的核心。研究开始前，我们与店长召开设计会议，就机器人的角色和话语策略、员工协调策略，以及商业运营期间可收集的数据达成一致。研究期间，我们将样品枕头放在机器人附近，方便顾客在互动时亲自体验。

实验条件。 我们比较了三种实验条件：(1)基线：正常运营，不使用机器人系统（见图1，基线）；(2) 仅机器人：在入口处设置一台对话机器人，按固定时间表进行简短问候并提供产品提示（见图1，仅机器人）；(3) 机器人+展具：将同一台机器人安装在入口装置上（图1，机器人+展具）。

持续时间。 我们总共安排了12天（每种实验条件4天）。各实验条件按天交替安排，以平衡工作日／周末客流。整个期间都在进行全店促销，促销内容保持一致，从而降低短期冲击的可能性。

运营策略。 店员无需主动接近顾客。为了保持自然的场景，员工在正常工作约束范围内自行判断。我们没有规定交接流程，因为这会增加运营负担，也可能与其他职责和当地规范相冲突。

测量指标。两台摄像机记录了现场活动：一台安装在机器人系统上的网络摄像头（用于记录入口互动），以及一台置于门店内的360度摄像机（用于记录更广泛的背景情况）。两位研究人员记录了观察日志。我们报告了每位路人的停留情况，以及每位停留者后续发生的情况：店员接近、进入商店、员工引导入店、店内协助体验、购买，以及机器人附近的样品触摸。特别是，我们重点关注每位停留者的百分比，彩票娱乐

旨在捕捉明显受到机器人影响的顾客转化。

分析。我们采用皮尔逊卡方独立性检验（报告 χ^2、自由度和 p）。总体检验显著时，进一步进行经 Bonferroni 校正的成对卡方检验。停留情况按每位路人报告；所有后续结果均按每位停留者报告。随后将定量结果与定性主题相结合。

2.5 实验后访谈研究

参与者。共有六名在部署期间工作的员工参与其中：一名店长（男性，40多岁）和五名店员（女性，50多岁；男性，50多岁；女性，60多岁；男性，20多岁；女性，20多岁）。他们此前几乎都没有使用机器人方面的经验。为尽量减少回忆偏差，并使提问与现场观察到的现象保持一致，访谈于实地实验结束后紧接着的一周内进行。

协议。半结构式访谈（30–60分钟）涵盖顾客反应的感知、介入时机、店员/机器人/展具之间的角色分配、感知到的权衡（可接近性与干扰之间），以及运营考量（例如工作量、高峰时段）。为确保隐私，所有访谈均在门店的员工私人休息室内进行。在征得同意后，使用 Zoom 录音；随后导出自动转录文本，并由日语母语者在分析前进行核对和修正。访谈由第一作者（日语母语者、主要访谈者）以日语进行，第二作者担任辅助访谈者，负责记录并偶尔追问。访谈指南参考了部署期间收集的现场观察日志和初步计数，以便在记忆尚鲜明时深入探究显著现象。

访谈提纲问题。 典型问题包括：

- 关于角色、轮班模式和信息技术素养的破冰问题。
- 日常任务和常用服务话术；店员通常如何与顾客互动。
- 部署机器人后，任务、积极性和沟通方式发生的变化（仅机器人 / 机器人+展具）。
- 促使或延迟介入的情形（例如，避免在机器人说话时打断它）；有助于交接的提示。
- 对不同顾客群体（例如，有孩子的家庭与独自购物的顾客）以及不同产品类型（例如，价格较高的床上用品）产生的影响。
- 对布置、布局和机器人话语的优点、缺点及改进建议。

我们还使用定向探查，对实验中观察到的现象（例如入口锚定、店员接近的时机）进行追问，并请受访者描述具体事件（发生了什么、谁做了什么、说了什么），以此为阐释提供依据。

分析。 我们采用反思式主题分析 [3]，遵循迭代式、归纳式和阐释式流程，并借助共享的 Google 电子表格进行协作编码和备忘录撰写 [18]。具体步骤如下：

（1）熟悉资料：第一作者和第二作者阅读了访谈记录，并针对重要时刻撰写了分析备忘录。（2）初始编码：第一作者使用标签和简短的属性摘要对每份访谈记录进行编码。（3）代码讨论与整合：每读完一份访谈记录后，第一作者和第二作者都会审阅代码、完善标签，并记录初步的主题候选项。（4）主题发展：将代码分组、比较，并通过迭代不断重组为候选主题；我们主动寻找对新兴解读提出挑战的偏离案例。（5）审查与定义：根据数据集审查主题，并结合研究目标加以澄清，同时完善主题名称和范围。（6）报告：选取具有代表性且经过去标识化的摘录来说明各个主题，并在相关情况下与定量漏斗结果相联系。

为增强研究严谨性，我们全程维护决策日志和分析备忘录，并通过同行汇报讨论会对早期阐释提出质疑。

2.6 数据处理

所有数据处理均遵循获批方案和门店协议。实验视频文件存储在加密硬盘上。我们在本地对视频进行标注，仅导出派生表用于分析。访谈音频经同意后录制、逐字转录并进行化名处理（例如 P1–P6）。报告侧重于汇总统计数据和去标识化摘录；可能泄露身份的信息经过改写，必要时会对示例图片进行裁剪或遮挡。

3 研究发现

我们首先概述定量变化，然后介绍解释这些变化的定性主题。

3.1 定量分析

我们报告了三种实验条件（基-线、仅机器人、机器人+展具）下的视频标注结果。表1和表2总结了这些结果。

停留。 路人数量分别为20,180（基线）、21,938（仅机器人）和20,035（机器人+展具）。停留率分别为0.73%（基-线）、1.50%（仅机器人）和2.48%（机器人+展具）。皮尔逊卡方独立性检验表明，实验条件的影响显著（$\chi^2(2) = 201.55, p < .001$）。事后经Bonferroni校正的两两比较显示，机器人+展具 > 仅机器人（$p < .001$），机器人+展具 > 基线（$p < .001$）；仅机器人 > 基线（$p < .001$）。入口布置按预期增强了注意力。

样品触摸。 样品触摸指触摸机器人附近摆放的样品产品的停留者比例。各组比例分别为 47.62%（基线）、63.72%（仅机器人）和 46.68%（机器人+展具）。总体卡方检验显著（$\chi^2(2) = 24.71, p < .001$）。两两比较显示，仅机器人 > 基线（$p < .01$），且仅机器人 > 机器人+展具（$p < .001$）。

店员接近。 店员接近是指收到店员主动接近的停留者所占比例。比例分别为 19.73%（基线）、13.41%（仅机器人）和 4.83%（机器人+展具）。总体检验结果显著（$\chi^2(2) = 34.54$, $p < .001$）。事后检验显示，基线与机器人+展具之间存在差异（$p < .001$），仅机器人与机器人+展具之间也存在差异（$p < .001$）；基线与仅机器人之间的差异不显著。

表1：带趋势检验的指标分析。停留按路人计；其他指标按停留者计。

指标	基线	机器人	机器人+修复。	p （全向）	Z （趋势）	p （趋势）
组	20,180	21,938	20,035	–	–	–
仅儿童	2.72%	28.96%	40.24%	< .001	–	–
仅成人	76.19%	24.70%	17.91%	< .001	–	–
儿童+成人	20.41%	44.51%	41.85%	< .001	–	–
停留	0.73%	1.50%	2.48%	< .001	14.151	< .001
样品触摸	47.62%	63.72%	46.68%	< .001	-1.951	不显著（.051）
店员接近	19.73%	13.41%	4.83%	< .001	-5.850	< .001
进入商店	31.97%	20.12%	9.46%	< .001	-6.821	< .001
员工引导入店	8.84%	1.52%	0.80%	< .001	-4.999	< .001
店内辅助体验	18.37%	6.10%	4.02%	< .001	-5.396	< .001
购买（按驻足者计）	11.56%	5.49%	2.62%	< .001	-4.314	< .001
购买（按路过者计）	0.084%	0.082%	0.065%	n.s.	-0.698	n.s.

机器人 = 仅机器人；机器人+展具。 = 机器人+展具。 p （综合） = 三种实验条件下的总体 Pearson 检验。趋势 = Cochran–Armitage检验，顺序为基线 < 机器人 < 机器人+展具。

表2：事后两两 χ^2 检验（经Bonferroni校正）。单元格显示A→B的方向和 p 。

指标	基线→机器人	基线→机器人+修正。	机器人→机器人+修正。
仅儿童	↑, p < .001	↑, p < .001	↑, p < .01
仅成人	↓, p < .001	↓, p < .001	不显著（p = .069）
儿童+成人	↑, p < .001	↑, p < .001	n.s.
停留	↑, p < .001	↑, p < .001	↑, p < .001
样品触摸	↑, p < .01	n.s.	↓, p < .001
店员接近	n.s.	↓, p < .001	↓, p < .001
进入商店	↓, p < .05	↓, p < .001	↓, p < .001
员工引导入店	↓, p < .001	↓, p < .001	n.s.
店内辅助体验	↓, p < .001	↓, p < .001	n.s.
购买（按驻足者计）	不显著（p = .094）	↓, p < .001	n.s.

↑ = 从 A 增加至 B（B > A）； ↓ =下降（B < A）。

进入商店。 进入商店是指跨过门槛进入店内的停留者所占比例。比例分别为 31.97%（基线）、20.12%（仅机器人）和 9.46%（机器人+展具）。总体检验结果显著（$\chi^2(2) = 46.65, p < .001$）。两两比较结果：基线与仅机器人之间（$p < .05$），基线与机器人+展具之间（$p < .001$），以及仅机器人与机器人+展具之间（$p < .001$）。

员工引导入店。 员工引导入店指店员接近后立即入店的停留者比例。比例分别为 8.84%（基线）、1.52%（仅机器人）和 0.80%（机器人+展具）。总体检验结果显著（$\chi^2(2) = 34.36, p < .001$）。两两比较：基线 > 仅机器人（$p < .001$），基线 > 机器人+展具（$p < .001$）。

店内协助体验。 店内协助体验指每位停留者获得引导试用或说明（>30 s）的比例。比例分别为 18.37%（基线）、6.10%（仅机器人）和 4.02%（机器人+展具）。总体检验结果显著（$\chi^2(2) = 36.85, p < .001$）。两两比较：基线 > 仅机器人（$p < .001$），基线 > 机器人+展具（$p < .001$）。

购买。 购买率是发生购买的停留者占比。购买率分别为 11.56%（基线）、5.49%（仅机器人）和 2.62%（机器人+展具）。总体检验结果显著（$\chi^2(2) = 19.67, p < .001$）。事后检验显示，基线 > 机器人（$p < .001$）；调整后，其他对比均未达到显著水平。

购买（按路过者计）。为完整起见，我们评估了购买（按路过者计）：即发生购买的路人所占比例。各组比例分别为 0.084%（基线：17/20,180）、0.082%（仅机器人：18/21,938）和 0.065%（机器人+展具：13/20,035）。总体卡方检验结果不显著（$\chi^2(2) = 0.59, p = .744$）。

3.2 定性分析

我们采用以编码表和田野笔记为基础的反思式主题分析，分析了六次实验后店员访谈（经理 P1 一位，店员 P2–P6 五位）。下文的主题计数表示编码话语（出现次数）。我们报告五个主题，附有具有代表性的去标识化引语（经翻译），并明确关联至定量漏斗。

主题概览。 各主题计数（发言次数）如下：主题一吸引力 n=30（正面 n=20，负面 n=10）、主题二转化障碍n=8、主题三时机/优先级 n=18、主题四角色定位 n=21、主题五展具

设计/效果 n=29（设计 n=5、效果 n=24）。这些频次仅用于描述，并非效应量。六位参与者均至少涉及三个主题。

主题一。入口锚定提高了停留率，但限制了后续推进。店员一致表示，放置在入口处的机器人充当了强烈的视觉锚点，吸引了路人的目光并促使他们停下。吸引效应在儿童中尤为明显，这也提高了停下来的家庭群体占比，相较于基线（无机器人）条件而言更是如此。

> "……这种吸引力自然更偏向于年幼儿童，但如果这种兴趣能让人们向店面靠近一步，就会形成客流；从门店的角度来看，这显然增加了到店机会，是一项很大的益处。" [P3，翻译]

> "没有机器人时，带孩子的家庭基本不会在那里停留——我们的购物者主要是成年人。" [P2，翻译]

与此同时，店员表示，很难将这种注意力转化为服务漏斗中的后续行动。许多家长（成年决策者）陪同孩子前来，但并没有强烈的购物意愿；还有一些顾客是被机器人本身吸引，而不是被产品吸引——他们短暂交谈后感到满足，随即离开。

> "最容易被机器人吸引的是孩子，但孩子不会买床；要从这里走向购买，就需要和父母采用不同的协商路径。如果是玩具或儿童学习产品，那就再合适不过了。 [不清楚]" [P5，译文]

这一质性模式与我们的定量结果一致：在仅机器人和机器人+展具条件下，每位路人的停留次数均有所增加，而每位停留者的进入商店次数则均有所下降。

主题二：高价商品和家庭群体的转化障碍。店员质疑目前的部署能否引导顾客完成高价商品的评估和成交。价格水平和对话流畅度被反复提及为障碍。

> "这不是一笔小额购买；这些都是高价商品，所以顺畅的沟通很重要。如果是一两百日元，那倒没问题——但这里说的是四五十万日元。" [P1，译文]

> "因为这些商品价格昂贵，顾客最初进店的门槛很高。 [不清楚]" [P5，译文]

与主题一相同，店员指出，以儿童为中心的吸引力并不容易转化为成年人的评估或购买。对机器人的兴趣和对产品的兴趣是两回事；几位参与者描述了以轻松闲聊告终、未能进一步发展的互动。

> "开启对话很容易——非常容易——但话题不可避免地会围绕儿童展开。谈话总会转向枕头。从那里可以稍微推介一下——'我们推荐这款'，'儿童也可以用'——但最终促成购买的情况非常少，所以很难。" [P6,已翻译]

一位参与者直言不讳地说：

> "我们其实并不想吸引儿童客流……" [P1, 已翻译]

这些叙述共同有助于解释定量模式：尽管每位路人的停留时间有所增加，但在机器人在场条件下，后续由店员主导的步骤有所减少，尤其是店员接近、员工引导入店、店内协助体验和购买。当店员意识到许多顾客其实并无购买意愿时，他们主动接近顾客并提供服务的积极性便有所下降。

主题三：非打扰时机与优先级延迟妨碍了人工接近。店员常常拿不准何时接近顾客。要判断机器人与顾客之间互动的状态，并找到适合加入对话的时机，都很困难。响应生成延迟以及偶尔出现的语音识别错误，让时机把握更加复杂。

> "我们必须等待停顿，才能找到合适的接近时机；如果能消除这一限制就更好了。如果我们在机器人说话时开口，顾客就不会听；即使机器人正在说话，我们也希望优先识别顾客的声音，这样我们就能过渡到试用。" [P1，译文]
> "我们提问时，Sota 有时会出现思考停顿，或者即使我们说得很清楚，它也会听错。" [P2，译文]

为了避免打断，店员有时会选择等待顾客与机器人交谈——尤其是在有儿童参与时。这种等待降低了主动开始服务的可能性，进而削弱了店员接近顾客的积极性。

> "我试着让他们先享受一下，于是等了一会儿；等到孩子满足了，我才介入。" [P2，译文]

一些店员形成了不同于日常惯例的新接近模式：在明显的停顿处，或通过家庭成员交接来协调进入时机。

> "有家庭顾客时，孩子会先和机器人互动，然后把家长叫过来；在这个时机，我们就可以进行交接——'女士，您想试试吗？'" [P4，译文]

这些现象有助于解释定量模式：尽管入口处的停留更多，机器人在场条件下的店员接近、员工引导入店和店内协助体验却更少。

T4. 角色定位：机器人作为吸引者/公关支持，员工负责促成成交。在访谈中，店员始终将机器人定位为店前吸引者或"公关支持"，而由人类负责评估、推荐和成交。在这种分工中，机器人的任务是激发兴趣并创造交流机会；随后员工介入，引导顾客进行产品试用和决策。

> "我认为机器人的角色是吸引人们来门店并引起他们对门店的兴趣；他们进店后，我们负责讲解，而每位员工的讲解方式都不一样。" [P4，译文]"……把它定位为公关支持，而不是一线员工，可能会很有效。" [P1，译文]

参与者还指出，机器人可以轻松地说些话，或使用店员可能会避免的措辞（例如地方方言），从而

引起顾客的兴趣并传递友善感，不过在高端零售环境中，语气管理可能很重要。

> “使用关西方言营造了亲切感，但较为严格的顾客可能会觉得这不太礼貌。” [P6，已翻译]
> “因为它是机器人，所以它可以说出我们不会说的话；这里加入一点幽默很合适。” [P3，已翻译]

T5. **布置和可供性塑造可接近性。** 店员普遍赞赏视觉布置（使用展具）与入口处即时的商品获取（例如触摸体验）相结合，因为这让整个设置更加醒目且更具吸引力。

> “现场有一台机器人本身就能吸引关注；我们讨论过是否将其调低，但我更喜欢更大、更高的机器人——有更多机会被看到，印象更深，也能形成‘看到机器人 -> 查看商品’的习惯。” [P1，已翻译]
> “它在那里时，即使相隔很远，顾客也会说：‘咦，那是什么？’——远远地就很吸引眼球。” [P4，已翻译]

参与者还提出了具体的展具设计建议。高度和摆放位置应优先考虑成人的可接近性，同时在机器人周围保持清晰的“专属区域”，避免儿童过度靠近互动，并保护设备。

> “成人通常会在这个高度交谈——可以稍微降低一点；不过，男性平均身高约为170厘米，设置在150至160厘米，成人就能略微低头并舒适地交谈；如果太低，主动互动的就会是儿童。” [P1，已翻译]

> “没有展具时，机器人显得更近，儿童也更常试着触摸它——我们会犹豫要不要阻止他们；展具为Sota营造了专属区域，触摸机器人的儿童变少了，转而触摸产品的儿童则更多。” [P5，已翻译]

这些意见共同为入口布置提供了务实建议：利用陈列设施提高可见性，将商品样品放在触手可及之处，并调整高度和摆放位置，以保持成人的可接近性，同时减少无意间由儿童主导的互动。

4 讨论

4.1 研究发现概要

在为期 12 天、设有三种实验条件（基线、仅机器人、机器人+展具）的实地部署中，视频标注揭示了一个一致的模式：机器人提高了每位路人的停留情况（配有展具时增幅最大），但每次停留者与店员接洽后发生的店员主导的后续步骤——进入商店、协助体验和购买——均有所减少；每位路人的购买量则没有可靠变化。

员工访谈有助于解释这种差异：吸引力往往以儿童为中心，而他们当下购买高价商品的意愿较低；与此同时，不打扰规范以及偶尔出现的对话延迟，使店员选择等待而非打断，从而削弱了接近意愿，导致路人虽在入口处表现出兴趣，却未能顺利交接至店内评估。请注意，停留是按路人计算的；所有后续指标均按停留者计算，以便单独考察吸引后的效应。由于这些指标是比率，因此某个条件下的比率可能较低，即使绝对数量相近或更高；因此，我们优先采用基于比率的分析，以描述在路人停留这一前提下机器人的影响。

4.2 吸引 => 交接 =>店内：一种整合性阐释

我们的结果可以概括为一条简单的链条（图4）：入口处的机器人能够稳定地提升吸引力（每位路人的停留率更高）；后续进展则取决于能否清晰、轻松地将对话从机器人主导转交给人工主导的评估；最后，只有在交接过程清晰可见且及时发生时，店内评估/服务（接近、进入商店、协助体验、购买）才会实现。

在我们的部署中，许多互动似乎在入口处便告结束。对于购买意向不强的顾客，简短的问答加上短暂的触摸试用，往往足以满足他们当下的好奇心，并解答最基本的产品问题。这种“需求在机器人处得到满足”的情况在配有展具时更为明显；展具营造了一个界限分明的微型空间：它提升了可见性和可试用性，却也有可能在感知上与商店内部相分离。从定量结果来看，这与从基线到机器人+展具条件下，每位停留者经历的店员主导步骤（接近、进入商店、协助体验、购买）呈单调递减的趋势相一致，尽管机器人出现后停留情况有所增加。

一个实际启示是，应将交接视为首要事项：商定一些简单的触发条件（例如短暂的空档、简单的机器人提示，或“touch > *N* s”这一启发式规则），让双方都能观察到交接过程（例如简短地说一句“现在由店员为您服务”），并保持视线通道畅通，以便店员能把握首次接洽的时机，而不必一直守在旁边。这些选择既能加强从门槛到店内的衔接，也能保留机器人带来的注意力提升。

4.3 设计张力：可见性与易接近性

我们将展具纳入其中，作为一种务实且注重视觉效果的布置方案，并与门店达成一致。店员普遍赞同将机器人与展具配套使用，并指出了实践中至关重要的具体参数：尺寸（视觉影响与阻碍之间的权衡）、平台高度（便于成人舒适交谈，同时不鼓励仅供儿童玩耍）、颜色/材料（品牌契合度）、可移动性（适应布局变更），以及表面处理/耐用性（安全性与维护）。

从量化结果来看，展具提升了可见性和停留率，但后续由店员主导的步骤（接近、进入）却有所减少。访谈揭示了一种可能的机制：门槛处清晰界定的“展示区”有助于人们注意到并尝试样品，但也可能形成一个独立的微型空间，使好奇心得到满足后，后续进展便停滞不前。简言之，更高的可见性并不保证更好的可接近性。

一项关键的设计启示是，在入口显著性与清晰的向内通道之间取得平衡。保留视线通道，让员工无需贴身看守也能进行监控；避免使用完全封闭的底座；优先采用轻质或透明元素；将可触摸样品放在门槛稍内侧，以吸引顾客继续向前；针对高端场景设定适合成人的互动高度；并确保设备可以移动，以便根据客流和员工覆盖情况调整布置。这些选择既能保留注意力提升，又能减少交接遗漏。

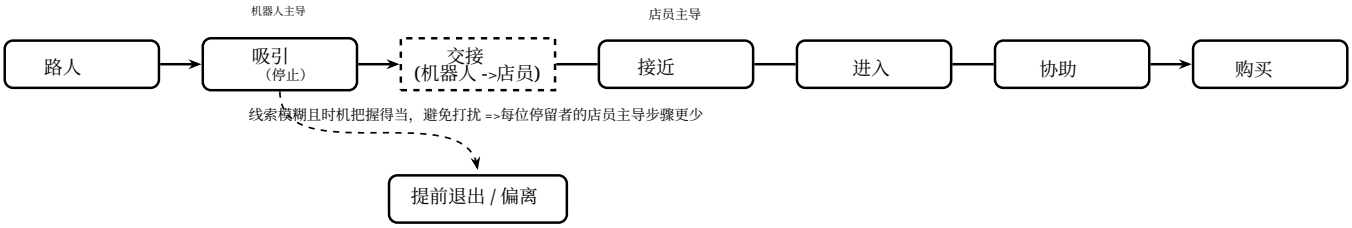

图4：整合链条。吸引 **（机器人主导）会提高在入口处停留的情况；后续进展取决于是否清晰地**交接 **给店员主导的评估。若缺少这一环节，许多互动**会在入口处结束。**指标映射：每位路人的停留情况 -> 吸引；样品触摸 -> 门槛可试用性；店员接近 / 进入商店 / 协助 ->交接与店内；每位停留者购买量（终端指标）、每位路人购买量（总体销量）。**

4.4 对三方协调的启示

零售机器人部署并非机器人与顾客之间的二元关系，而是一种涉及机器人、店员、顾客、管理者，有时还包括产品与系统设计师的社会技术安排。因此，有效的一线服务取决于三方协调：机器人与店员各司其职、相互补充，而管理者则通过制定政策和配置资源，确保这些角色切实可行。从机器人主导的吸引到人工主导的评估之间的交接，正是连接这三方的桥梁。

我们总结了面向研究人员和行业从业者的可操作设计启示：

明确角色与触发条件。明确谁在何时负责什么。为机器人设定清晰易懂的用途至关重要，因为用途不明确可能成为零售部署中的一个陷阱，并削弱对话 [21]。明确机器人的吸引者角色和店员的评估者／促成者角色，并就具体的交接触发条件达成一致（例如，对话暂歇、顾客触摸机器人的时间超过设定时长，或出现机器人提示）。保持流程简便，使其适应日常运营。

让交接过程清晰可见。提供能够标示交接的简单提示信号：机器人用简短的话语邀请员工介入（“现在由店员为您服务。”）、面向员工的简短灯光／屏幕提示，或朝向店内的细微视线／身体动作提示。将机器人放置在店员能够看到并听到互动、又不必在旁紧盯的位置。我们注意到，这项做法可能引发争议，因为先前研究报告指出，明确呼叫店员可能会引起顾客的负面态度 [33]。我们认为，正因存在这种张力，混合方法设计才尤为有价值：它能揭示适当交接设计的边界条件和实用提示信号。研究人员应将交接信号视为依具体情境而定，并调整提示信号的强度和模态（例如，简短话语与灯光／视线提示），监测顾客反应，并在真实环境中部署期间进行调整。

共享最少状态信息。让系统在小型员工端显示屏或移动端界面上显示当前话题的一句话摘要（例如“正在讨论枕头软硬度与尺寸”）。这样无需长篇对话记录或复杂工具，即可降低接近焦虑并加快店员的首次接洽。摘要仅供员工查看，并避免存储个人身份信息。

兼顾可见性与可接近性。设计入口布置（可使用展具，也可不使用），让顾客自然地走向店内和员工。保持视线通道畅通，避免营造完全独立的“展示区”，并将可触摸样品放在门槛内侧不远处，以鼓励顾客继续向前，而非驻足逗留。

在不含糊的前提下，尊重顾客的自主选择。针对何时打断顾客以及如何进行首次接洽，提供简短培训；同时提供示例话术和高峰时段的例外情况。职责发生冲突时，管理者应明确优先事项（例如结账高峰期间由谁负责交接），以免店员因及时接近顾客而受到惩罚。

统一指标与治理。不仅要跟踪停留，还要跟踪交接成功率、店内评估的开始次数以及协助式体验。与员工举行简短的复盘会议，以调整触发条件、话术和布局。统一激励措施，使店员因有效交接而获得认可，而不只是因最终销售额获得认可，从而避免反向激励。

按涉入度水平评估可迁移性。尽管研究范围仅限于单一地点，我们认为，研究发现可以迁移至对店员待客服务有类似要求的零售环境。对于高涉入度商品，这种可迁移性尤其合理：当前的社交机器人可能不足以满足服务要求，而店员专业知识受到高度重视；在此类情境下，可以有效利用机器人—顾客—店员配置。

4.5 局限性与未来工作。

我们的研究存在若干局限性。首先，我们只在入口部署了机器人，没有在其他位置（例如门店内）部署。因此，店员无法体验不同的设置并进行比较，从而无法全面了解机器人。我们建议未来工作扩展本研究，探索不同的部署模式，以深入了解零售机器人的角色与益处。

其次，我们认为，较长的接触时长可能会调节注意力和转化。随着顾客和员工逐渐适应机器人及其入口布置，新奇性驱动的驻足可能会减少，而店员介入时机和交接则会变得更加高效；因此，吸引与店内之间的整体平衡也可能发生变化。因此，我们鼓励未来工作开展纵向部署，追踪双方的适应情况。

最后，我们的观察结果可能很大程度上取决于 Sota 机器人的外观。未来的研究人员应将研究扩展至多种机器人类型，包括仿人机器人和虚拟计算机图形代理。

5 致谢

本研究得到了JST Moonshot研发资助项目编号JP-MJMS2011的支持。

参考文献

[1] Daniel Belanche、Luis V. Casaló、Carlos Flavián和Jeroen Schepers。2020年。服务机器人实施：理论框架与研究议程。《服务业期刊》 40, 3 4 2020 203 225 10 1080 02642069 2019 1672666 - ( ), – 。doi: 。/。

[2] Mary Jo Bitner。1992。服务场景：物理环境对顾客和员工的影响。《营销学杂志》56, 2 (1992), 57–71。doi:10.1177/ 002224299205600205

[3] Virginia Braun和Victoria Clarke。2006年。在心理学中运用主题分析。《心理学定性研究》3, 2 (2006), 77–101。doi:10.1191/ 1478088706qp063oa

[4] Malaika Brengman、Laurens De Gauquier、Kim Willems和Bram Vanderborght。2021年。从停留到购物：一项比较人形服务机器人和平板服务终端吸引并转化购物者效果的观察研究。《商业研究杂志》 134 2021 263 274 10 1016 2021 05 025 ( ), – 。doi: 。/

[5] j.jbusres. 。2019。Ambrose Pak Ho Chan和Vincent Wing Sun Tung。。探讨机器人服务对品牌体验的影响：酒店细分市场的调节作用。《旅游与观光营销杂志》36, 4 (2019), 458–468。doi:10.1080/10548408. 2019.1568953

[6]Laurens De Gauquier、Malaika Brengman、Kim Willems、Hoang-Long Cao和Bram Vanderborght。2021年。进还是出？一项关于零售业中娱乐型机器人摆放位置的实地观察研究。《国际零售与分销管理杂志》49, 7 (05 2021), 846– 874。arXiv:https://www.emerald.com/ijrdm/article-pdf/49/7/846/1073549/ijrdm- 10 2020 0413 10 1108 10 2020 0413 - - .pdf doi: 。/IJRDM- - - Laurens De

[7] Gauquier、Kim Willems、Hoang-Long Cao、Bram Vanderborght和Malaika Brengman。2023年。协作还是单干：服务机器人和一线员工是否应在销售点开展零售客户互动？《零售与消费者服务杂志》70 (2023), 103176。doi:10.1016/j.jretconser.2022. 103176

[8] Roland Graef、Mathias Klier、Andreas Obermeier和Jan Felix Zolitschka。2023年。买什么，Pepper？——借助人形机器人的推荐，连接物理世界与数字世界。《决策系统杂志》32, 2 (2023), 439–465。doi:10.1080/12460125.2022.2029049

[9] Yota Hatano、Jun Baba、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa和Hiroshi Ishiguro。2024年。多机器人表达对推荐情境中机器人影响力的作用：实地实验。*IEEE Robotics and AutomationLetters* 9, 4 2024 3609 3616 10 1109 2024 3369946 ( ), – 。doi: 。/LRA. 。Jinsoo

[10] Hwang、Hyunjoon Kim和Heather Markham Kim。2023年。难忘的品牌体验、品牌偏好与行为意向之间的关系：聚焦机器人服务员与人类服务员的差异。《酒店与旅游技术杂志》14, 3 (03 2023), 430– 443。arXiv:https://www.emerald.com/jhtt/article-pdf/14/3/430/2711282/jhtt-09- 2021 0254 10 1108 09 2021 0254 - .pdf doi: 。/JHTT- - - Nataliya V.

[11] Ivankova、John W. Creswell和Sheldon L. Stick。2006年。运用混合方法顺序解释型设计：从理论到实践。《田野方法》18, 1 (2006), 3–20。doi:10.1177/1525822X05282260

[12] Takuya Iwamoto、Jun Baba、Junya Nakanishi、Kotaro Nishi、Yuichiro Yoshikawa和Hiroshi Ishiguro。2022年。自我推荐代理的吸引顾客策略：便利店试点田野实验。载于*2022*年第*17*届*ACM/IEEE*人机交互国际会议（*HRI*）。816–820。doi:10.1109/ HRI53351.2022.9889532

[13] Donovan R. J.和Rossiter J. R. 1982年。店铺氛围：一种环境心理学方法。 34 57 1370571323609670147 -页数。https://cir.nii.ac.jp/crid/ Takayuki Kanda、Masahiro Shiomi、Zenta Miyashita、Hiroshi Ishiguro和Nori-hiro Hagita。2009年。购物中心中的情感导览机器人。载于第*4*届*ACM/IEEE*人机交互国际会议论文集（美国加利福尼亚州拉霍亚）（*HRI '09*）。计算机协会，纽约，纽约州，美国， 173 180 10 1145 1514095 1514127 – 。doi: 。/。

[14] Takayuki Kanda、Masahiro Shiomi、Zenta Miyashita、Hiroshi Ishiguro和Nori-hiro Hagita。2010年。购物中心中的通信机器人。《*IEEE*机器人学汇刊》 26, 5 2010 897 913 10 1109 2010 2062550 ( ), – 。doi: 。/TRO. 。

[15] Reo Matsumura和Masahiro Shiomi。2022。一种能够提升销售额的动画角色机器人。《应用科学》 12, 3 2022 10 3390 12031724 ( )。doi: 。/

[16] app Marketta Niemelä、Päivi Heikkilä和Hanna Lammi。2017。购物中心中的社交服务机器人：管理层、零售商和消费者的期望。载于*2017*年*ACM/IEEE*人机交互国际会议伴随论文集（奥地利维也纳）（*HRI '17*）。计算机协会，纽约，纽约州，美国， 227 228 10 1145 3029798 3038301 – 。doi: 。/。Nami

[17] Ogawa、Yuki Okafuji、Yuji Hatada和Jun Baba。2025。理解专业设计师与决策型人工智能之间的协作：工作场所案例研究。9, 7, Article CSCW505（2025年10月），26页。doi:10.1145/ 3757686

[18] Hyunjoo Oh和Jenny Petrie。2012年。店面橱窗陈列如何影响消费者进入服装店的决策？《零售与消费者服务杂志》 19, 1 2012 27 35 10 1016 2011 08 003 ( ), – 。doi: 。/j.jretconser. 。。

[19] Yuki Okafuji、Jun Baba、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa和Hiroshi Ishiguro。2023年。机器人与店员协作提供顾客服务的影响关于面包店客户体验。Frontiers in Robotics and AI 10（2023），1125308。doi:10.3389/frobt.2023.1125308

[20] Yuki Okafuji、Takuya Iwamoto 和 Sichao Song。2025。交互式销售机器人设计中的陷阱：系统分析与框架（CHI EA '25）。计算机协会，纽约州纽约，美国，第176篇文章，共9页。doi:10.1145/3706599.3720042

[21] Yuki Okafuji、Yasunori Ozaki、Jun Baba、Junya Nakanishi、Kohei Ogawa、Yuichiro Yoshikawa 和 Hiroshi Ishiguro。2022。购物中心中吸引行人时人形机器人的行为评估。International Journal of Social Robotics 14, 7 2022 1731 1747 10 1007 12369 022 00907 9 （ ），– 。doi: 。/s - - - Tobias Otterbring。

[22] Decompression zone deconstructed：位于商店入口处的产品确实会影响销售额。收录于International Journal of Retail & Distribution Management 46，11 11 2018 12 1108 1116 46 11- （ ），– 。arXiv：https://www.emerald.com/ijrdm/article-pdf/ / - 12 1108 1038615 03 2017 0053 10 1108 03 2017 0053 / / /ijrdm- - - .pdf doi: 。

[23] /IJRDM- - - Stefanie Paluch 、 Sven Tuzovic 、 Heiko F. Holz 、 Alexander Kies 和 Moritz Jörling。2021。“我的同事是机器人”——探索一线员工与协作服务机器人共同工作的意愿。Journal of Service Management 33，2（11 2021），363–388。arXiv：https://www.emerald.com/josm/article-pdf/ 33 2 363 1530253 11 2020 0406 10 1108 11 2020 0406 / / / /josm- - - .pdf doi：。/JOSM- - - Robin Ray。

[24] 2007。混合方法研究的设计与实施。Qualitative Research Journal 7, 2（2025/9/25/ 2007）， 90+。

[25] [26] Elie Saad、Mark A. Neerincx 和 Koen V. Hindriks。2019。用于吸引注意力的欢迎型机器人行为。收录于2019年第14届ACM/IEEE人机交互国际会议（HRI）。 636 637 10 1109 2019 8673283 – 。doi：。/HRI。

[27] 2024。Richard Savery 和 Fouad Sukkar。长期店面机器人技术：机械臂、卡西西沙锤与框鼓的互动音乐。arXiv：2407.16956 [cs.RO] https://arxiv.org/abs/ 2407 16956 。Chao Shi、

[28] Satoru Satake、Takayuki Kanda 和 Hiroshi Ishiguro。2017。邀请访客进入商店的社交机器人的实地试验。Journal of the Robotics Society of Japan 35, 4 2017 334 345 10 7210 35 334 （ ），– 。doi：。/jrsj。Sichao Song、Jun

[29] Baba、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa 和 Hiroshi Ishiguro。2021。远程操控机器人在购物中心销售牙刷：一项实地研究。收录于2021年CHI计算机系统中的人为因素会议扩展摘要（日本横滨）（CHI EA '21）。计算机协会，纽约州纽约，美国，第221篇文章，共6页。doi:10.1145/3411763.3451754

[30] Sichao Song、Jun Baba、Yuki Okafuji、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa 和 Hiroshi Ishiguro。2023。Out for In！两台服务机器人在产品推荐中的组合效力实证研究。收录于2023年ACM/IEEE人机交互国际会议论文集（瑞典斯德哥尔摩）（HRI '23）。计算机协会，纽约州纽约，美国，408–416。doi:10.1145/3568162.3577005

[31] Sichao Song、Jun Baba、Yuki Okafuji、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa 和 Hiroshi Ishiguro。2024。面包店中的新成员：面向实用服务机器人应用设计的长期探索性研究。International Journal of Social Robotics 16，9（2024），1901–1918。doi:10.1007/s12369-024-01119-z

[32] Sichao Song、Jun Baba、Yuki Okafuji、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa 和 Hiroshi Ishiguro。2024。僚机—领队推荐：使用两台机器人开展产品推荐策略的实证研究。IEEE Robotics and Automation Letters 9，3（2024），2272–2278。doi:10.1109/LRA.2024.3354555

[33] Sichao Song、Takuya Iwamoto、Yuki Okafuji、Jun Baba、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa 和 Hiroshi Ishiguro。2025。从吸引力到参与：面向零售成功的机器人—店员协作策略。IEEE Robotics and Automation Letters 10，7（2025），6672–6679。doi:10.1109/LRA.2025.3568611

[34] Sichao Song、Baba Jun、Junya Nakanishi、Yuichiro Yoshikawa 和 Hiroshi Ishiguro。2022。面包店中的服务机器人：一项实地研究。收录于2022年IEEE/RSJ智能机器人与系统国际会议（IROS）。134–140。doi:10.1109/IROS47612.2022.9981439

[35] Miki Watanabe、Kohei Ogawa 和 Hiroshi Ishiguro。2018。百货商店——仿人机器人能否在现实世界中担任销售人员？ Springer Singapore，新加坡， 429 439 10 1007 978 981 10 8702 8_28 – 。doi： 。 / - - - - Ki

[36] m Willems、Nanouk Verhulst、Laurens De Gauquier 和 Malaika Brengman。2022。零售业一线员工对与实体机器人共事的期望。Journal of Service Management 34，3（09 2022），467–492。arXiv：https://www.emerald.com/josm/article-pdf/34/3/467/1542236/josm- 09 2020 0340 10 1108 09 2020 0340 - - .pdf doi： 。 /JOSM- - - Jochen Wirtz、

[37] Paul G. Patterson、Werner H. Kunz、Thorsten Gruber、Vinh Nhat Lu、Stefanie Paluch 和 Antje Martins。2018。美好新世界：一线服务机器人。Journal of Service Management 29，5（09 2018），907–931。arXiv：https://www.emerald.com/josm/article-pdf/29/5/907/1576794/josm- 04 2018 0119 10 1108 04 2018 0119 - - .pdf doi： 。 /JOSM- - - Li Xiao 和 V.

[38] Kumar。2021。客户服务机器人技术：有用的补充还是最终的替代品？Journal of Service Research 24, 1（2021），9–29。doi:10. 1177/1094670519878881