



歩行者の動きの解析と衝突予測に基づく 公共空間における視覚障害者向け歩行支援システム

粥川 青汰¹ 石原 辰也² 高木 啓伸² 森島 繁生³ 浅川 智恵子²

1. 早稲田大学 2. IBM Research 3. 早稲田大学理工学術院総合研究科



視覚障害者と歩行者の 衝突回避支援システム



Movie

多発する視覚障害者と歩行者の 接触事故

“視覚障害者の約2人に1人が
歩行者との接触事故に
巻き込まれています”

(公益社団法人 埼玉県視覚障害者福祉協会 アンケート, 2018)



視覚障害者の
約2人に1人が
歩行者との接触事故に
巻き込まれています。

見えるのに、見ていない人。その危険見えていますか。

企業のCSR活動

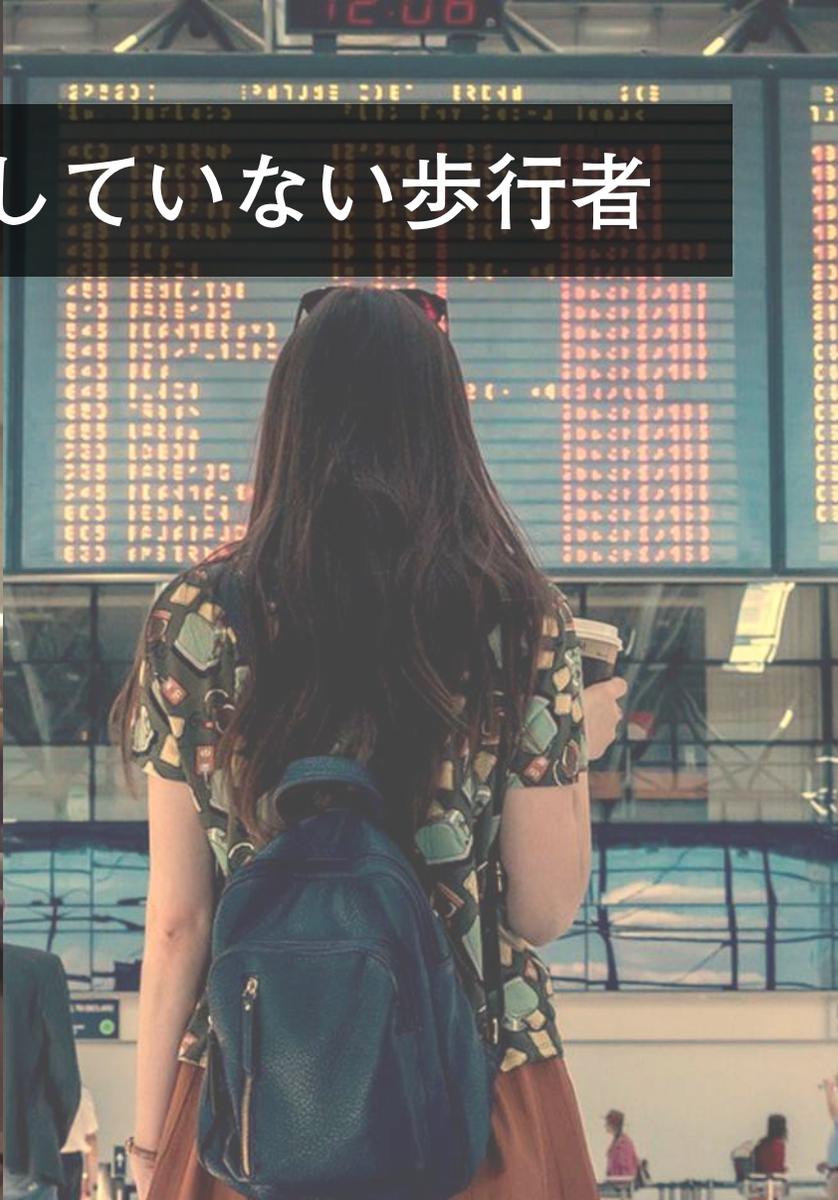
AC
JAPAN

●北海道事務局 〒060-8545 札幌市中央区南一条西5-11-1 ●東北事務局 〒980-8802 仙台市青葉区五番1-2-20
●北関東事務局 〒100-0211 1324 ●東京事務局 〒1104-0051 東京都中央区銀座7-4-17 ●関西事務局 〒100-0071 5-105 ●名古屋事務局
〒460-0008 名古屋市中区栄4-16-8 ●关西事務局 〒100-0002 東京都港区江戸屋1-3-3 ●沖縄事務局
〒900-0015 沖縄県中城町中城1-6-10 ●電話受付センター 〒900-0015 沖縄県中城町中城1-6-10 ●お問い合わせセンター 〒100-0002 東京都港区江戸屋1-3-3 ●お問い合わせセンター 〒100-0002 東京都港区江戸屋1-3-3 ●お問い合わせセンター 〒100-0002 東京都港区江戸屋1-3-3

視覚障害者を視認していない歩行者



会話中の集団



掲示板を確認する歩行者



歩きスマホ

CHI 2019^[1] / インタラクション2019



BBeep

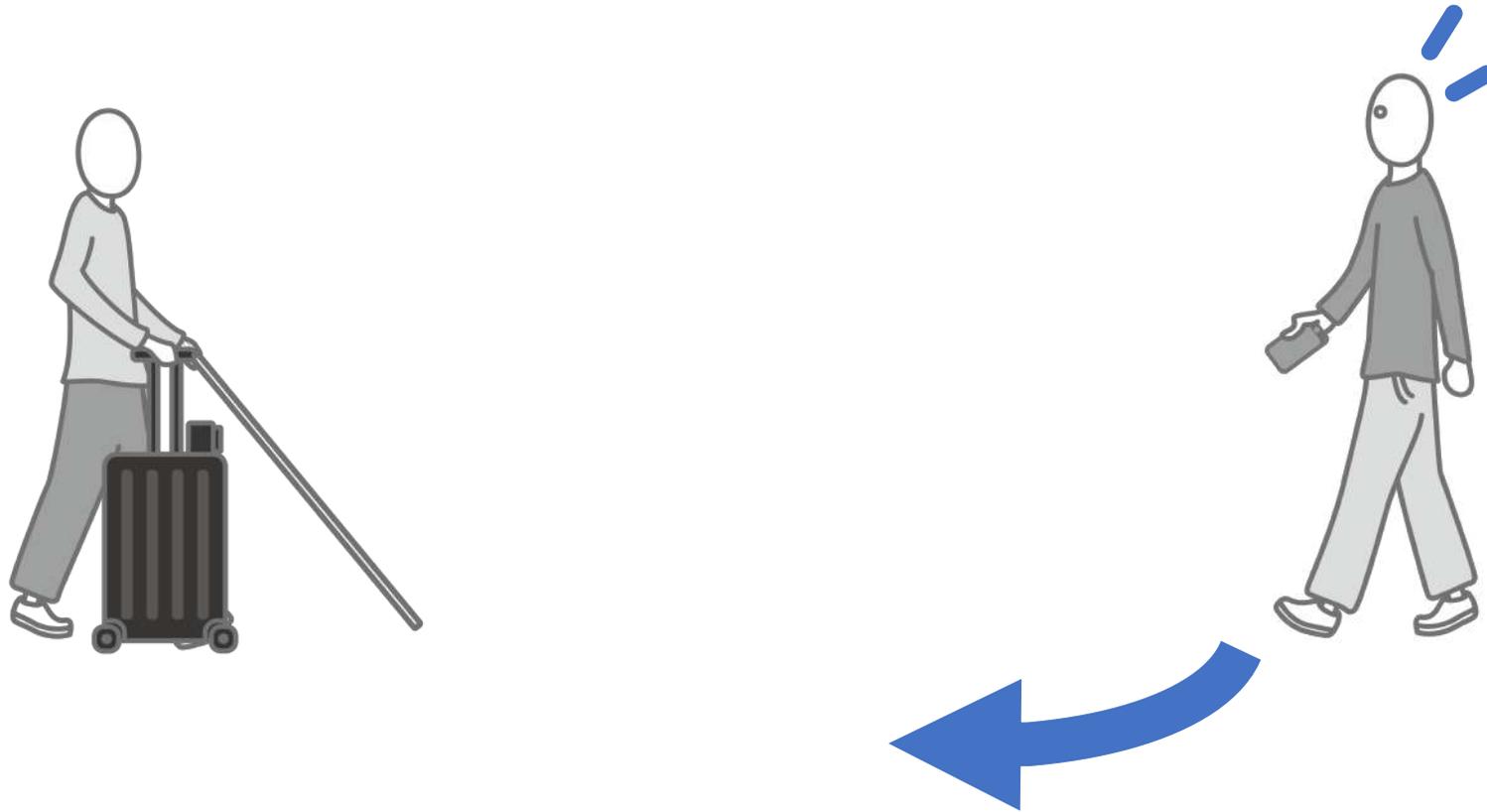
警告音を用いた視覚障害者と歩行者の衝突回避支援システム

BBeep: 警告音を用いた衝突回避支援システム^[1]



ユーザだけでなく周囲の歩行者にも衝突の危険性を伝える

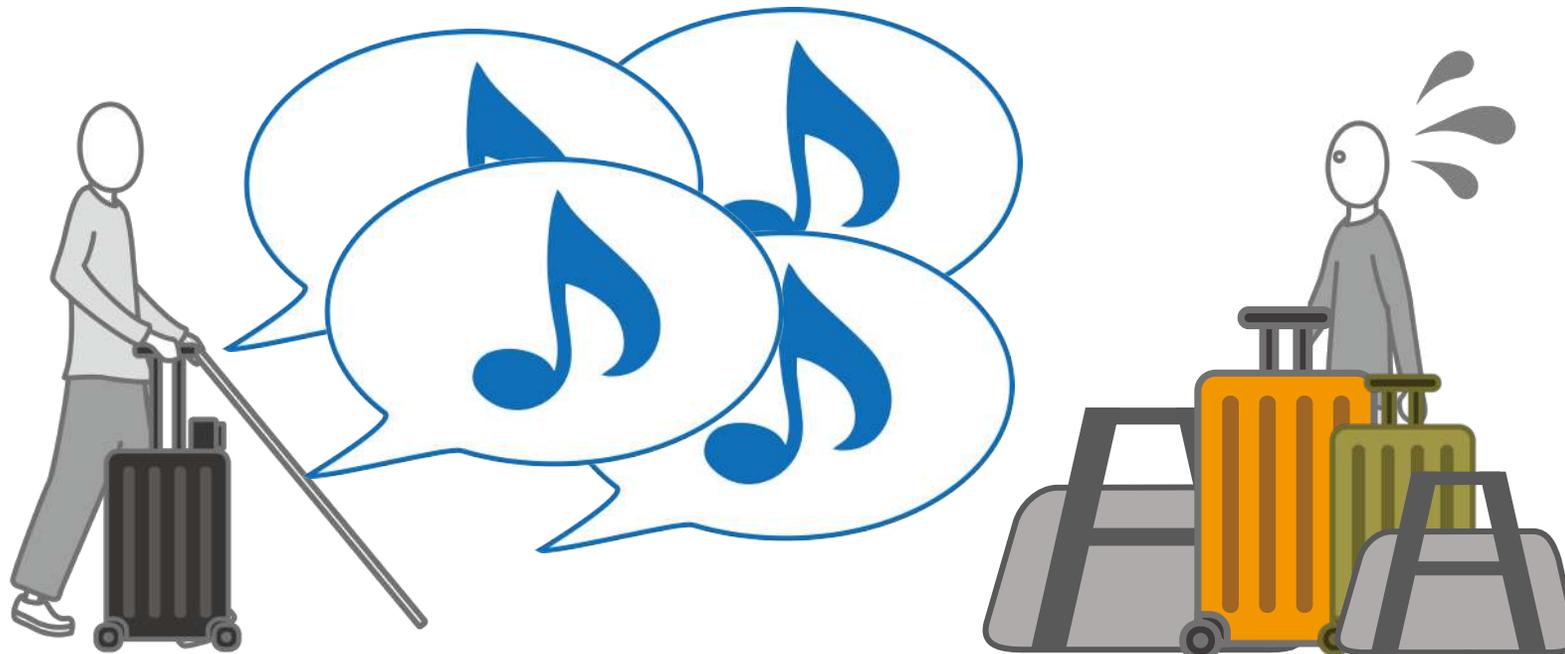
BBeep: 警告音を用いた衝突回避支援システム^[1]



周囲の歩行者に対して視覚障害者の経路を確保するよう促す

BBeep^[1] の欠点

- ・ 警告音が**騒音**となりうる
- ・ 歩行者側が**すぐに回避できない場合**がある



[1] Seita Kayukawa et al. "BBeep: A Sonic Collision Avoidance System for Blind Travellers and Nearby Pedestrians". CHI '19.

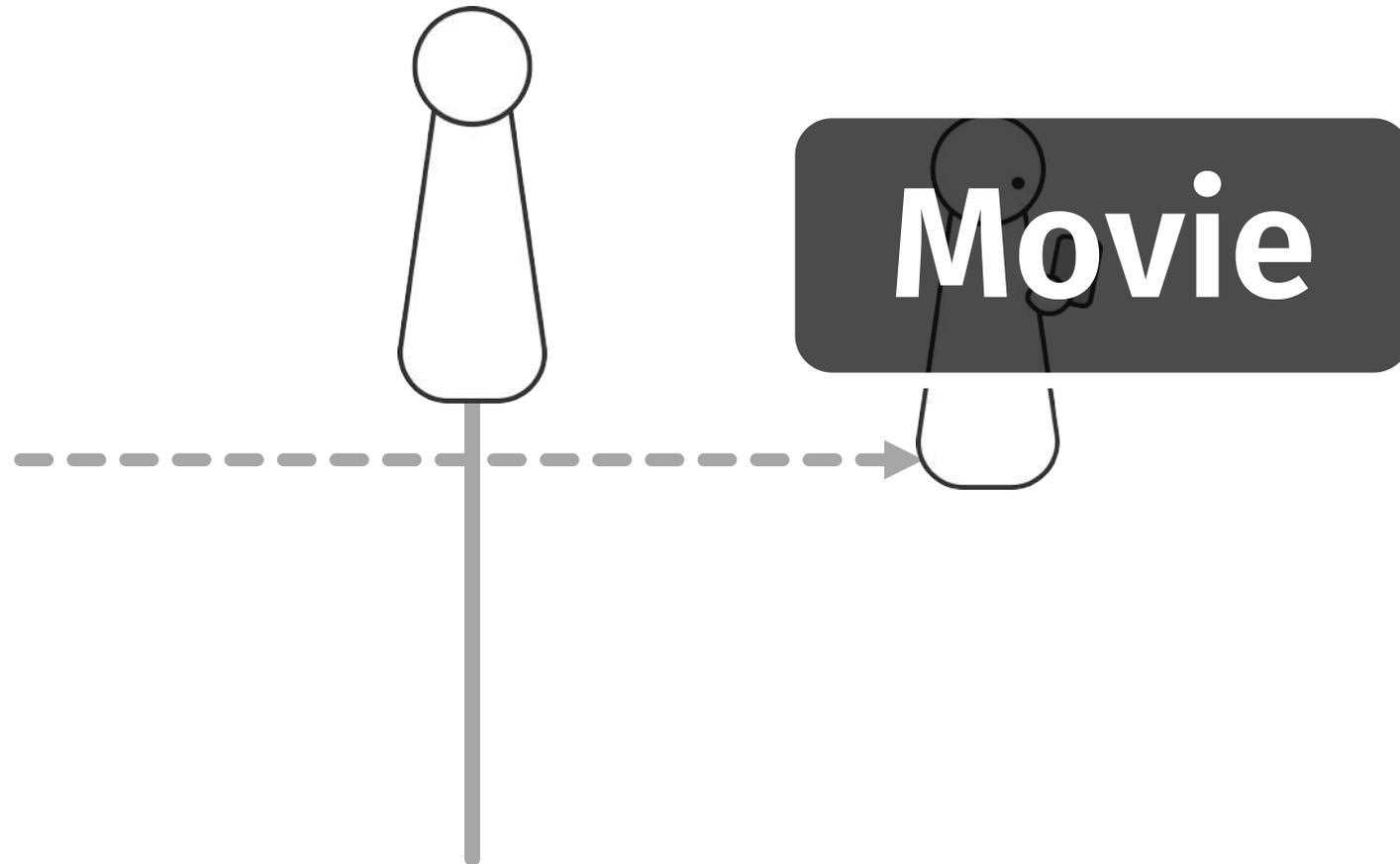
晴眼者の歩行者回避行動

Movie

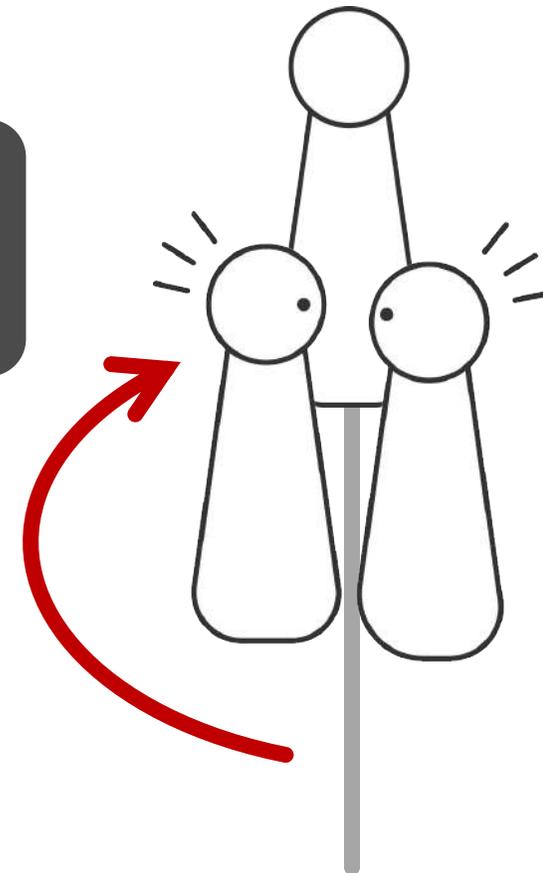
周囲の歩行者の動きに合わせて歩く速度や方向を調整して衝突を回避

晴眼者の歩行者回避行動

歩く**速さ**を調整



歩く**方向**を調整



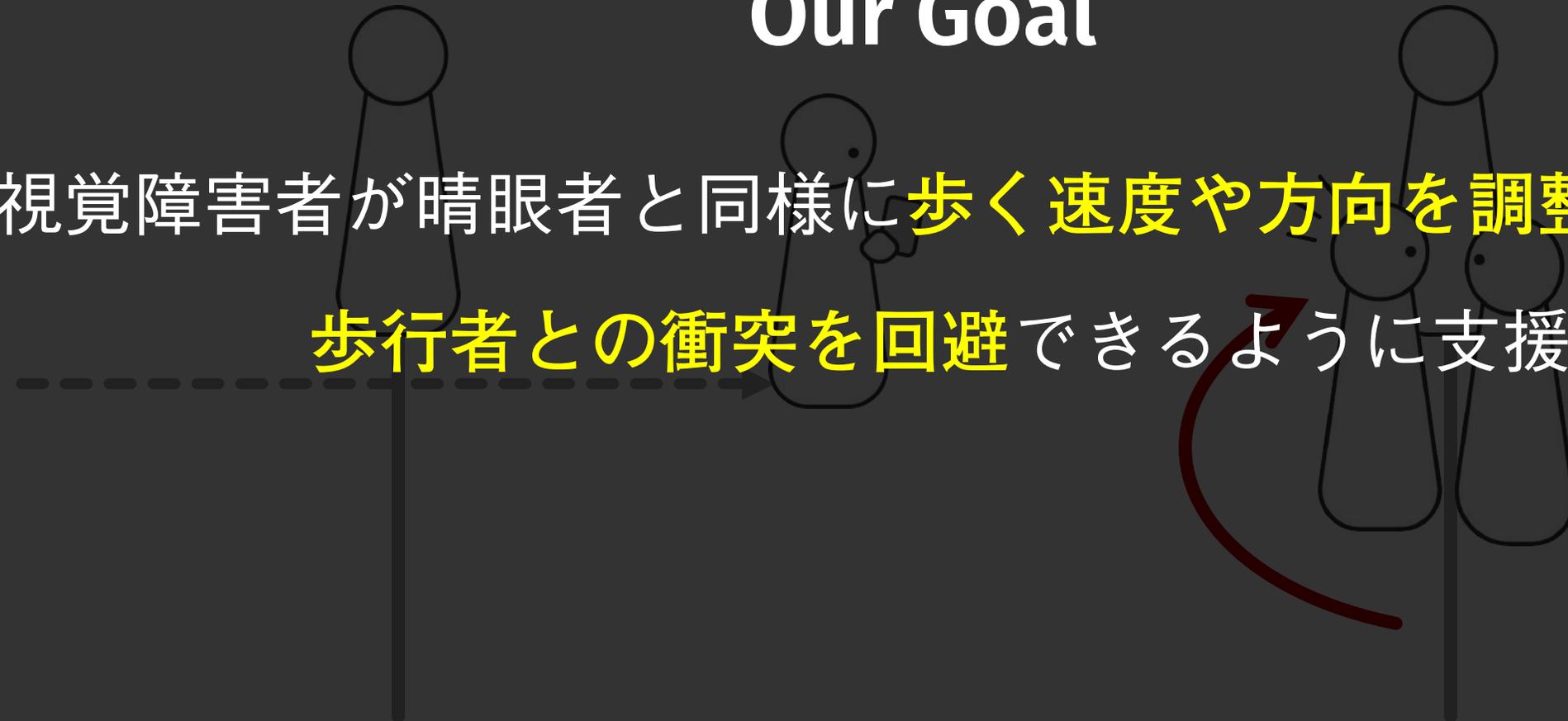
晴眼者の歩行者回避行動

歩く**速さ**を調整

歩く**方向**を調整

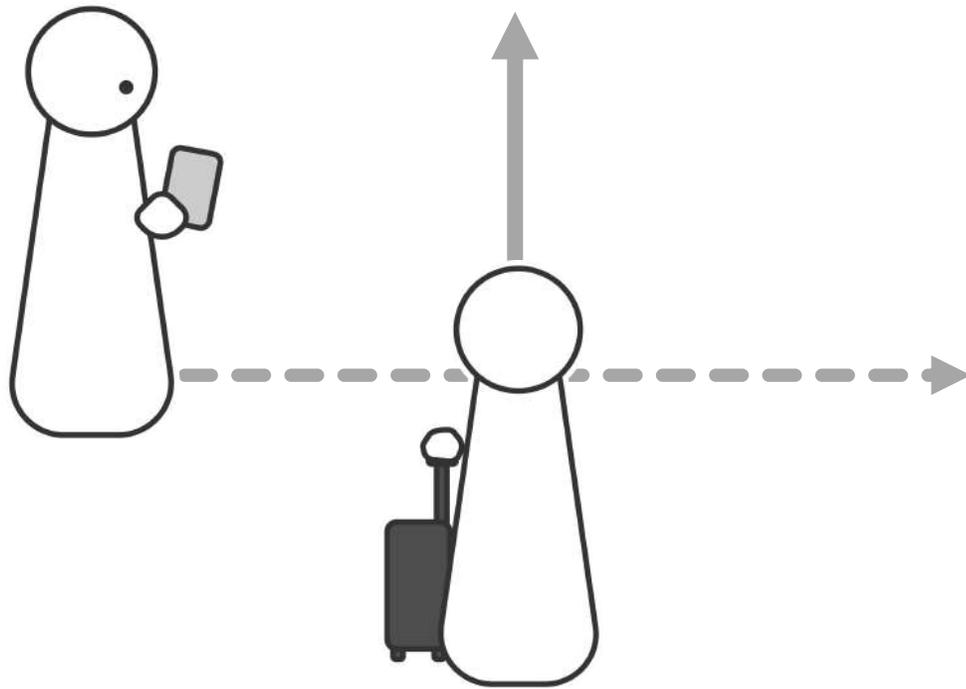
Our Goal

視覚障害者が晴眼者と同様に**歩く速度や方向を調整しながら**
歩行者との衝突を回避できるように支援



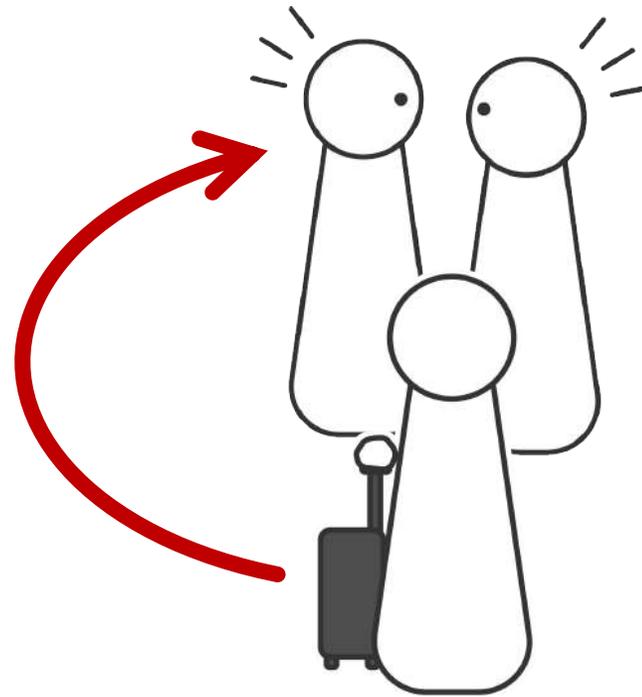
提案手法：二つの回避モード

On-path Mode



歩く**速さ**を調整

Off-path Mode



歩く**方向**を調整

提案手法：二つの回避モード

On-path Mode



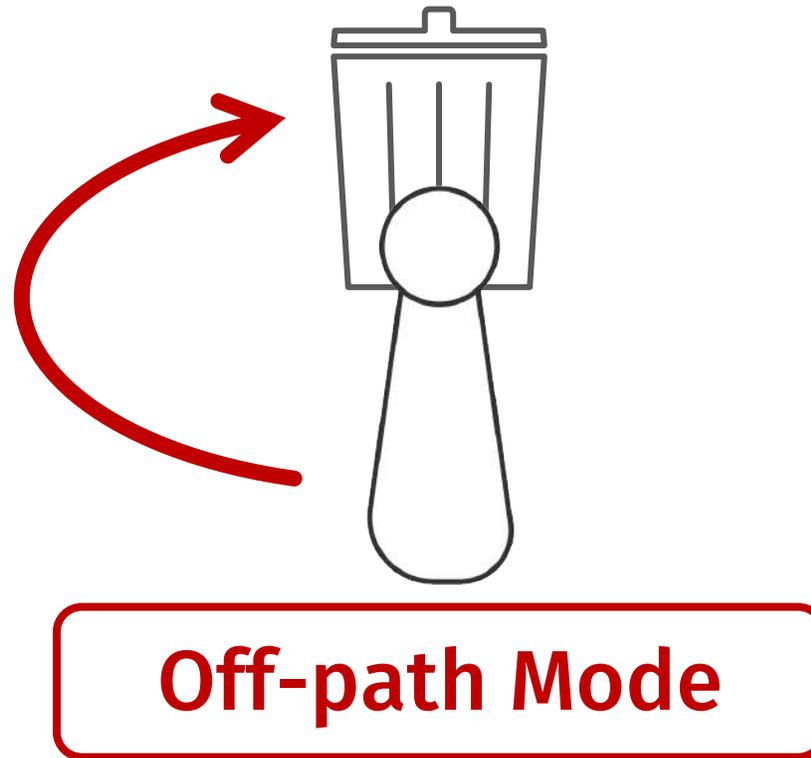
Off-path Mode



スーツケースのハンドルに取り付けられたボタンで切り替え可能

視覚障害者向け障害物回避支援システム^[1,2,3]

静止した障害物を検出し、迂回して回避できるように案内



[1] Iwan Ulrich, et al. "The GuideCane-applying mobile robot technologies to assist the visually impaired". IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans 31, 2, 2001.

[2] Bing Li, et al. "ISANA: wearable context-aware indoor assistive navigation with obstacle avoidance for the blind", ECCV'16.

[3] Limin Zeng et al. "Camera-based mobile electronic travel aids support for cognitive mapping of un-known spaces". Mobile HCI'17.

On-path Modeの利点

視覚障害者は普段

点字ブロック、壁などを頼りに移動



On-path Mode

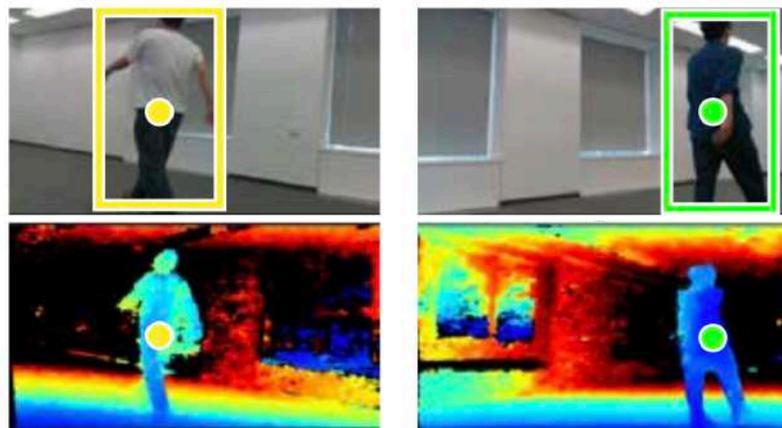
経路の変更に伴う不必要なリスクが生じない

リスクの例：自分の位置や方向を見失う



On-path Mode

RGBDカメラ

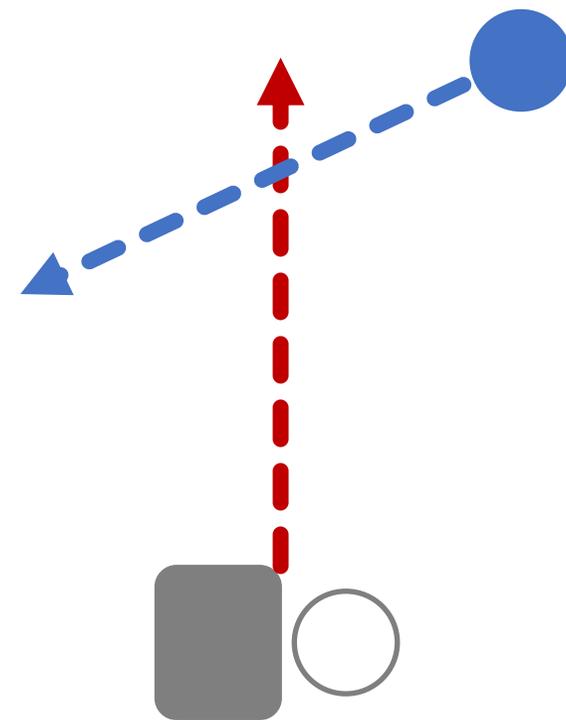


歩行者の位置検出^[1]

LiDAR & IMU

SLAM^[2]を用いた
ユーザの自己位置推定

将来位置予測&警告



[1] J. Redmon and A. Farhadi. "Yolov3: An incremental improvement." In arXiv '18.

[2] W. Hess, et al. "Real-time loop closure in 2D LIDAR SLAM." In ICRA '16.

歩行者の位置検出

FOV: 135°



周囲の歩行者の将来位置予測結果

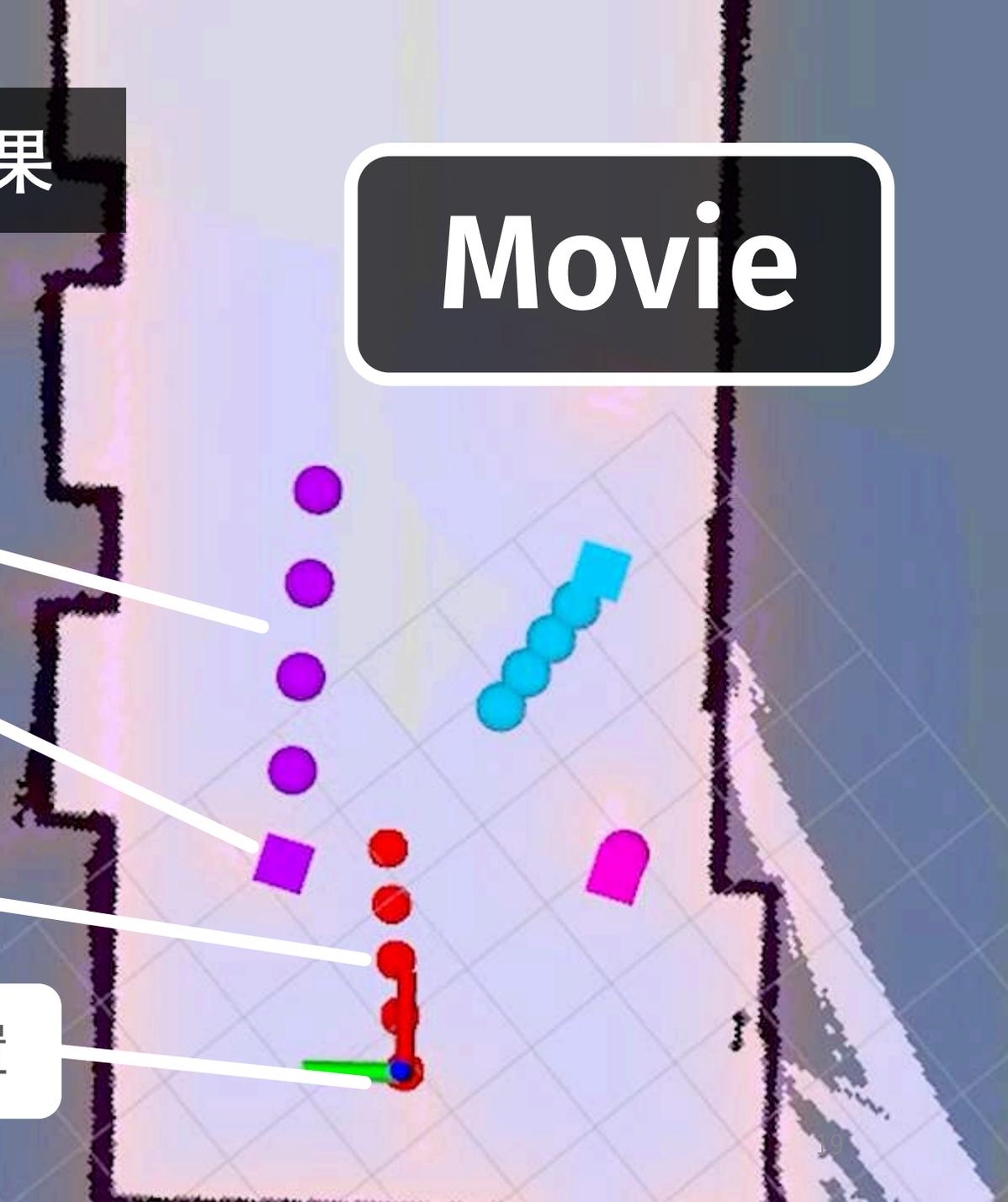
Movie

歩行者の将来位置

歩行者の位置

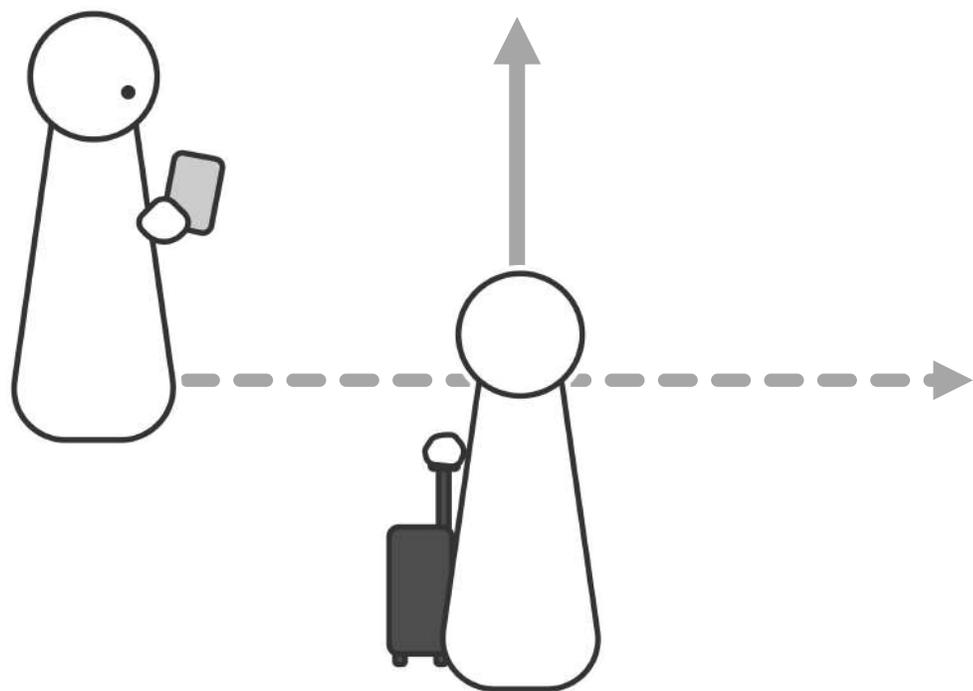
ユーザの将来位置

ユーザの自己位置



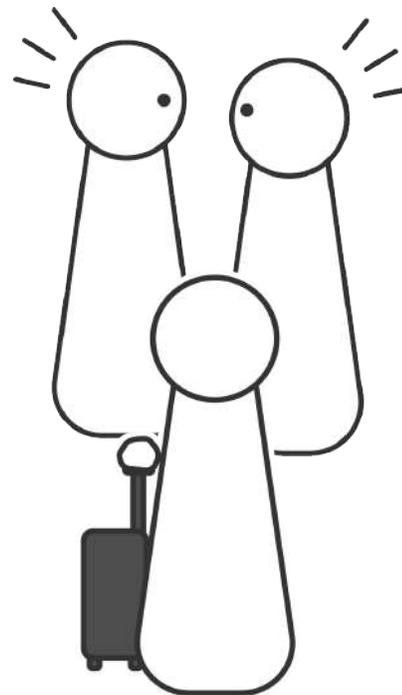
ユーザへの警告

Warning Signal



減速するための警告

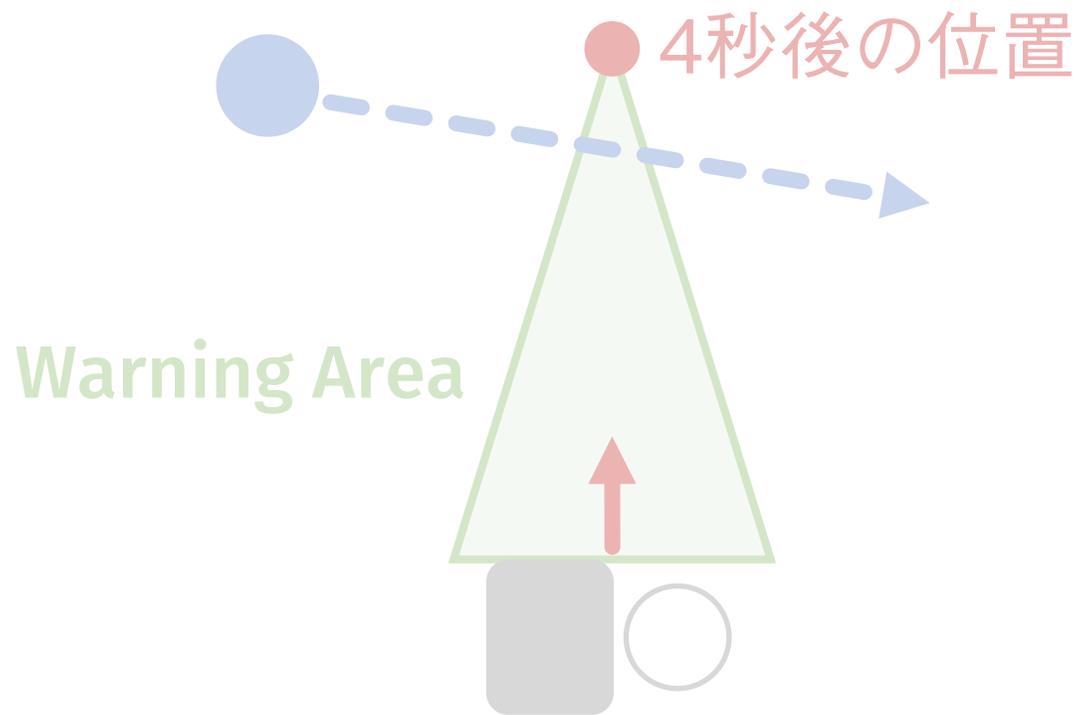
Emergency Signal



停止するための警告

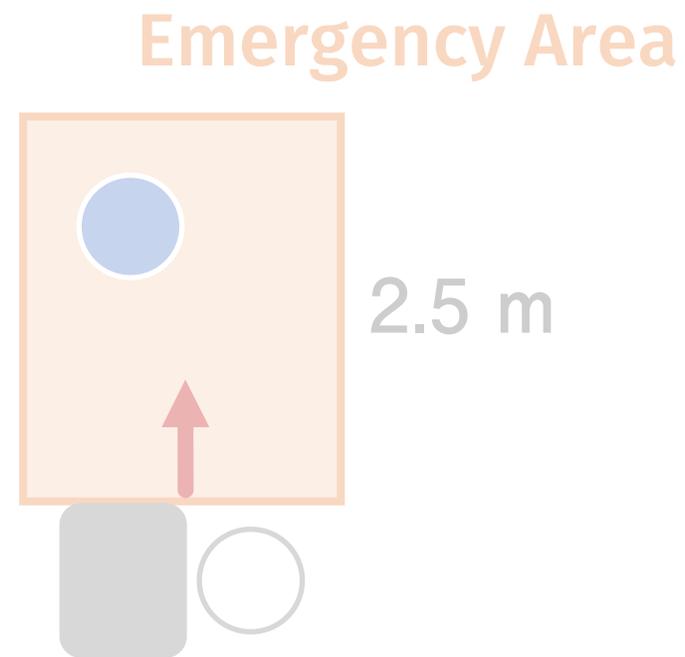
ユーザへの警告

Warning Signal



減速するための警告

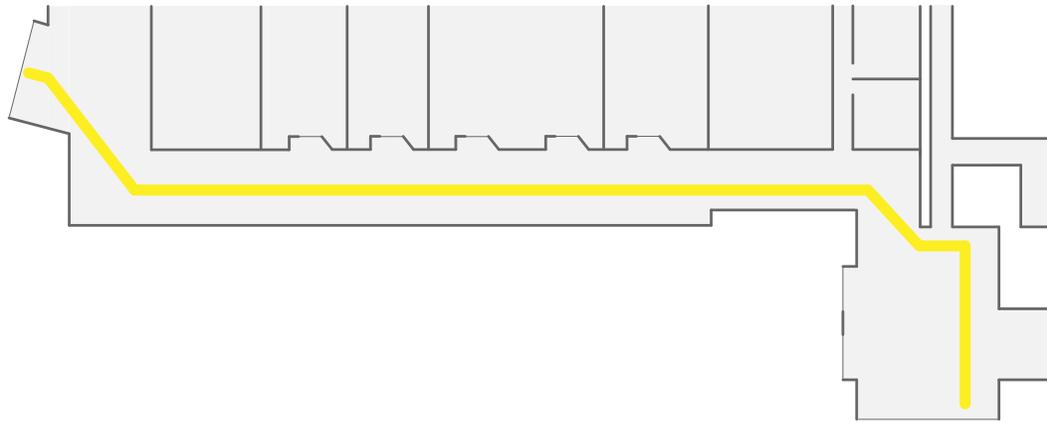
Emergency Signal



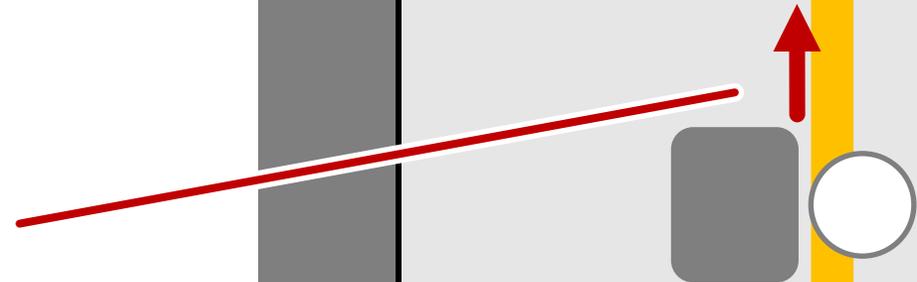
停止するための警告

Off-path Mode

点字ブロックを記録した地図

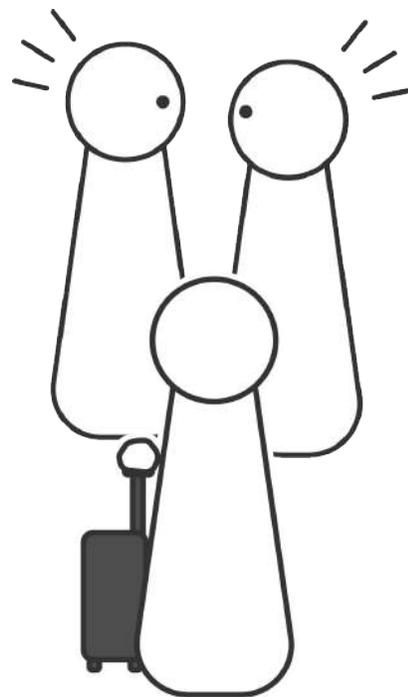


SLAM^[1]を用いたユーザの**自己位置推定**

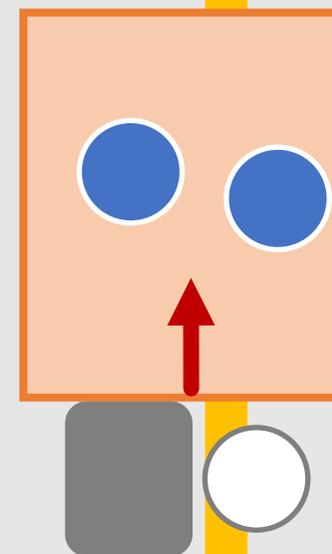


Off-path Mode

Emergency Signal



Off-path modeに変更



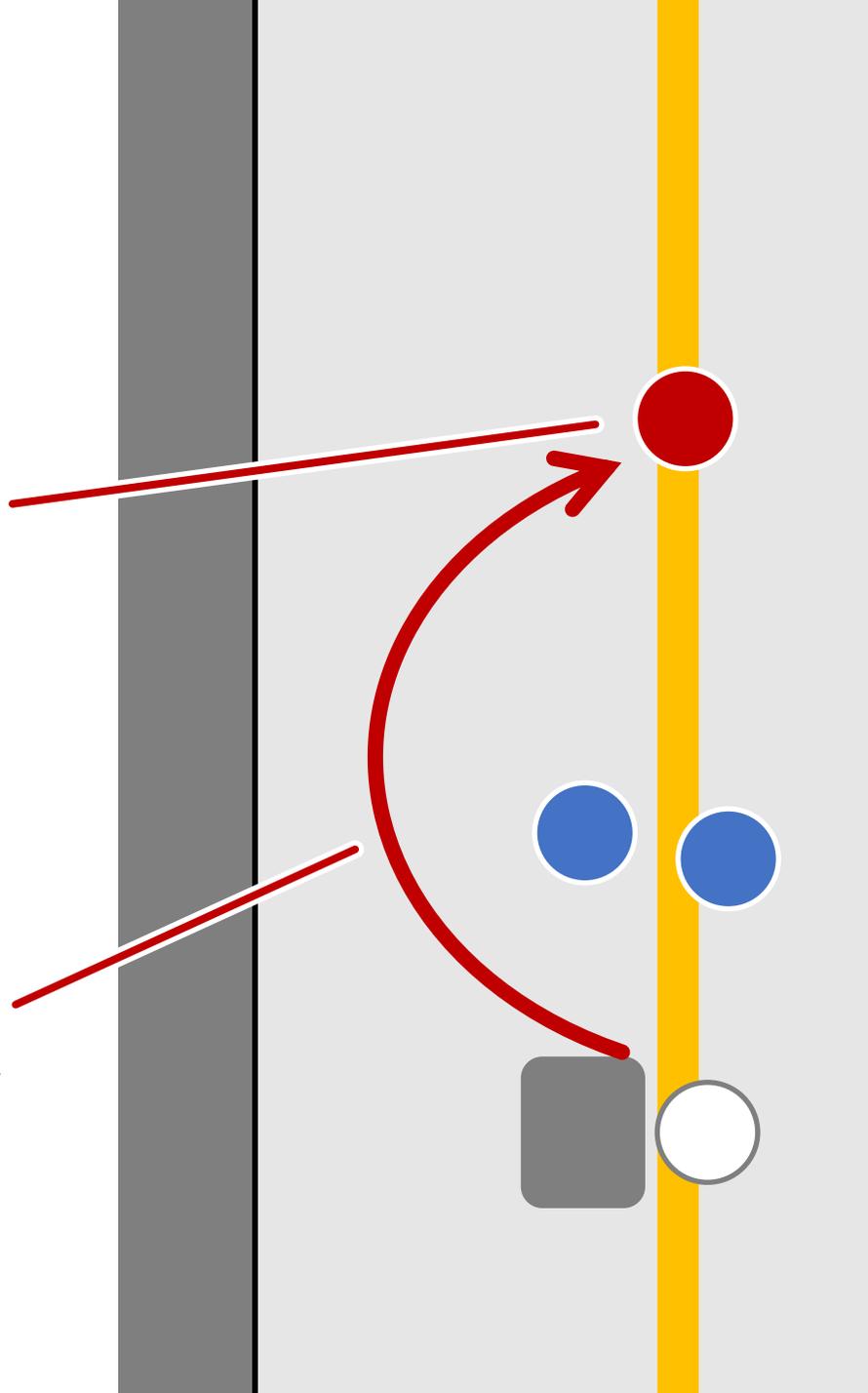
Off-path Mode

5m先の点字ブロックをゴール地点に設定



ROSのパッケージを用いて[1,2]

歩行者や壁，障害物を回避する経路を生成



[1] <http://wiki.ros.org/navfn>

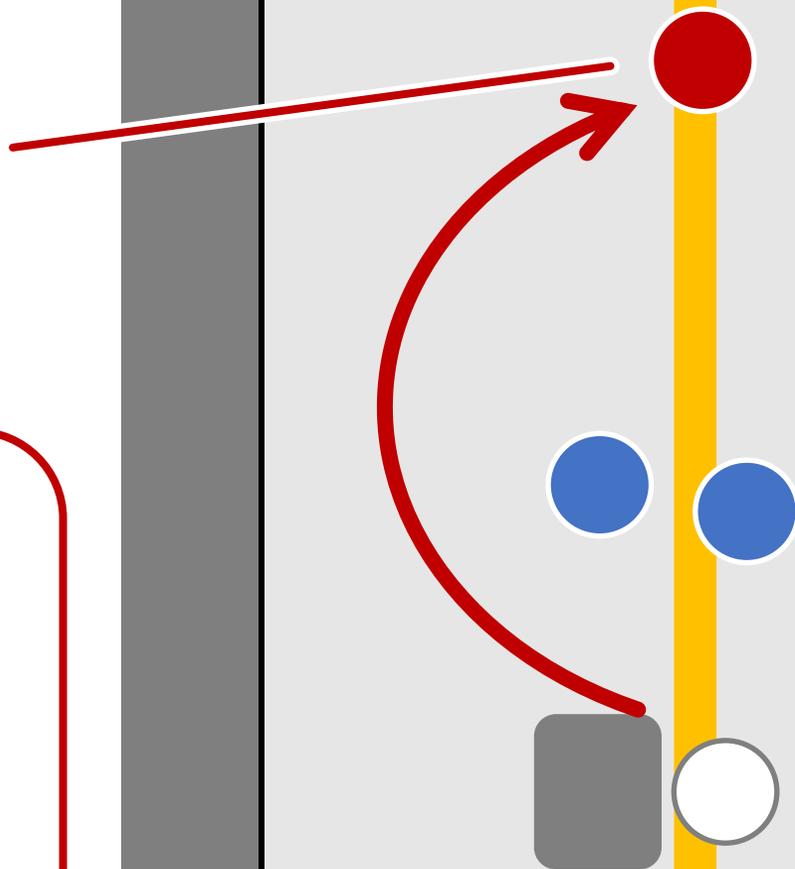
[2] http://wiki.ros.org/dwa_local_planner

Off-path Mode

5m先の点字ブロックをゴール地点に設定

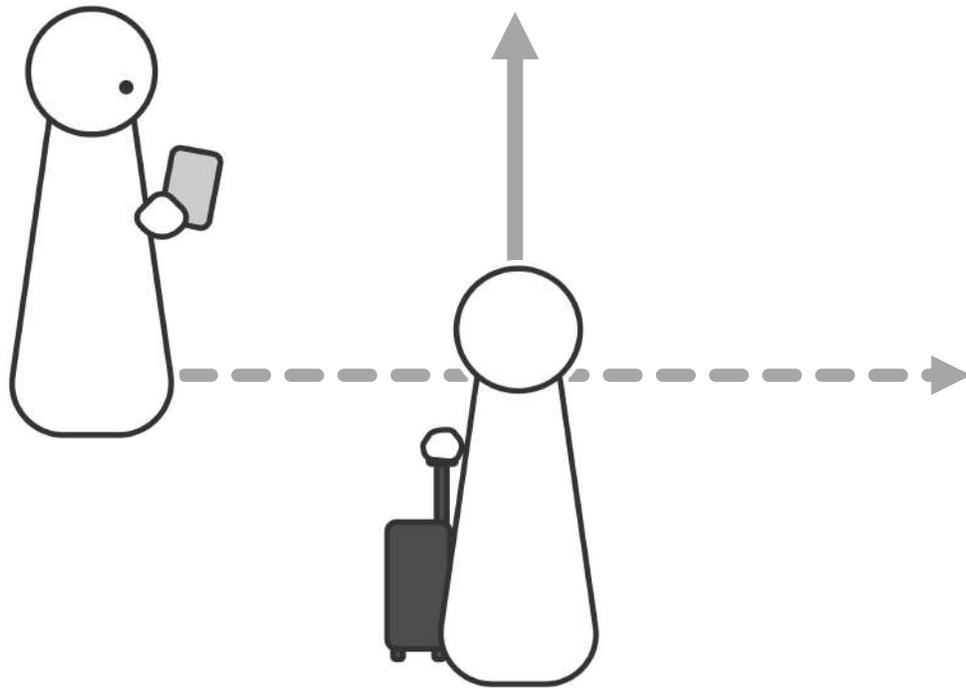


既存のナビゲーションシステム^[1]を用いて
目的地へ向かう経路を生成し、
提案システムと組み合わせることも可能



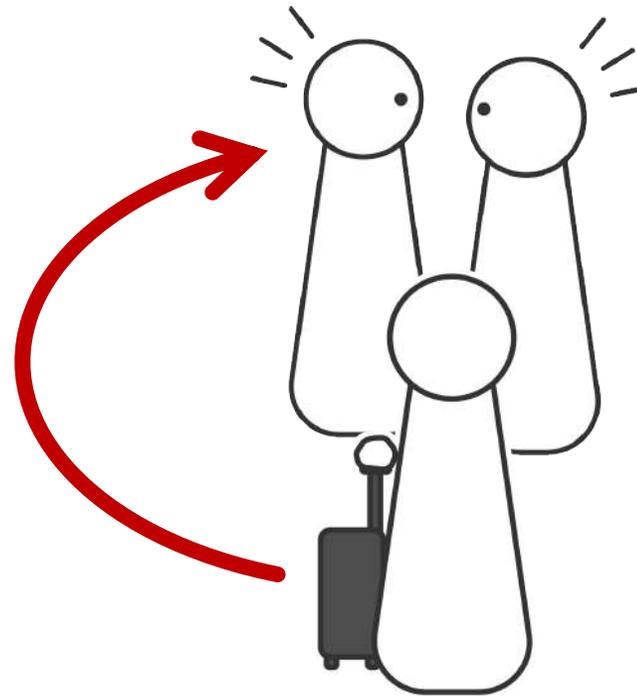
提案手法：二つの回避モード

On-path Mode



歩く**速さ**を調整

Off-path Mode



歩く**方向**を調整

提案手法：二つの回避モード

On-path Mode

Off-path Mode

Research Question

歩行中の視覚障害者への最適な情報提示方法とは？



歩く速さを調整



歩く方向を調整

視覚障害者向けインタフェース

音声インタフェース



触覚インタフェース



二つのインタフェースを実装し、ユーザ実験を通して比較

音声インタフェース

On-path Mode

二種類の**ビープ音**を用いた警告

Off-path Mode

三種類の**音声コマンド**を用いた警告
(右, 左, 直進)

骨伝導ヘッドセット



触覚インタフェース

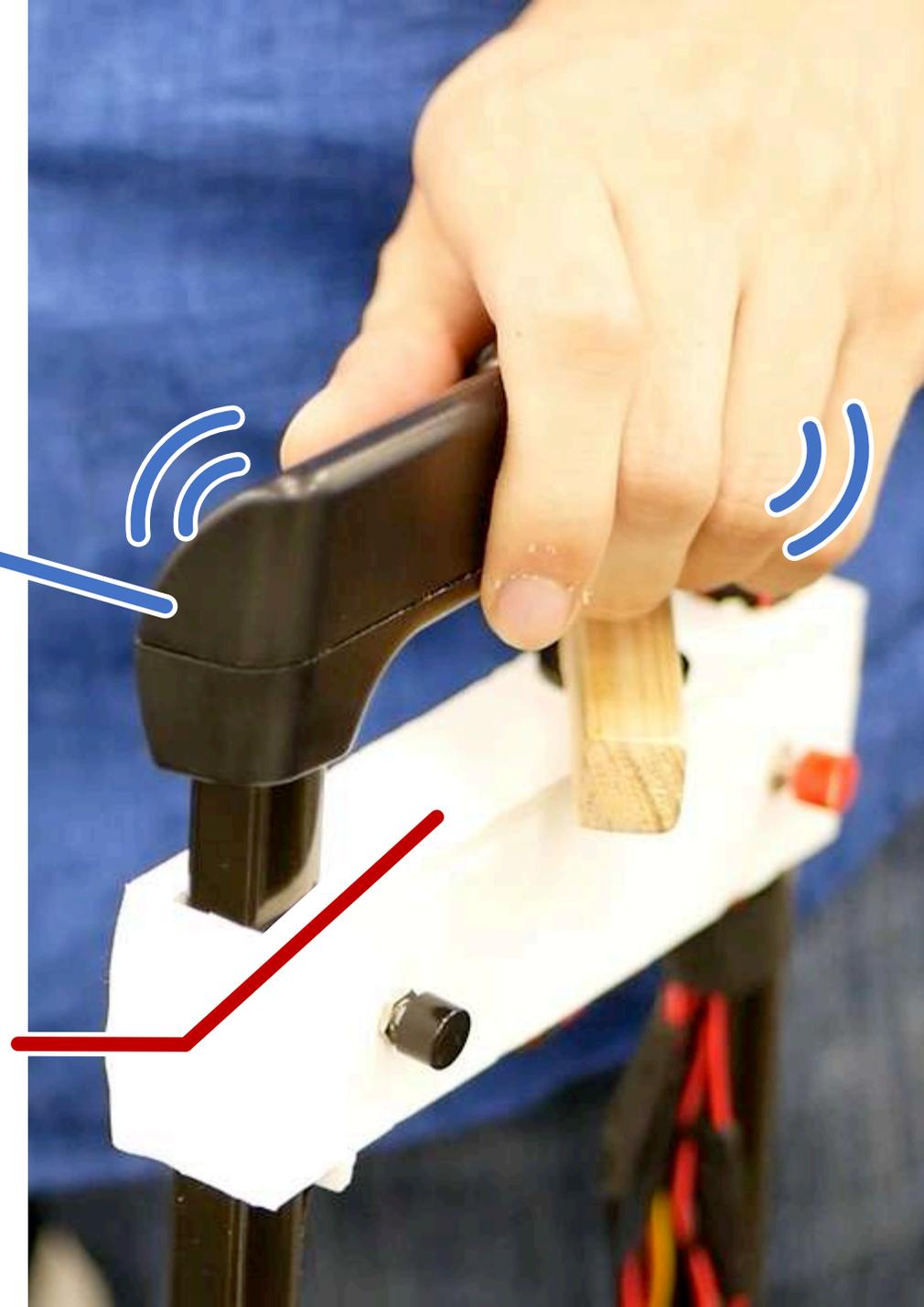
On-path Mode

振動するハンドルを用いた警告

Off-path Mode

進行方向を指し示す

レバー型デバイスを用いて案内



16人の視覚障害者による評価実験

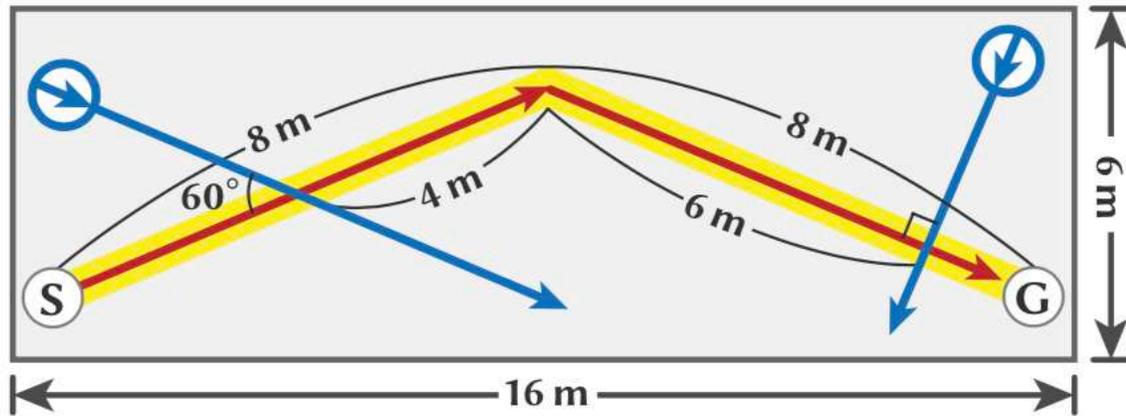
Movie

コントロール環境

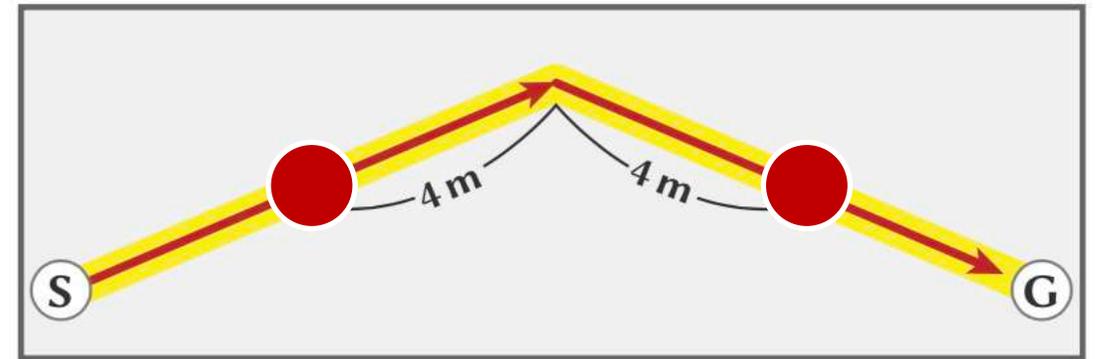
実環境

コントロール環境

二種類のコンディションを用意



歩行者が二回横切る



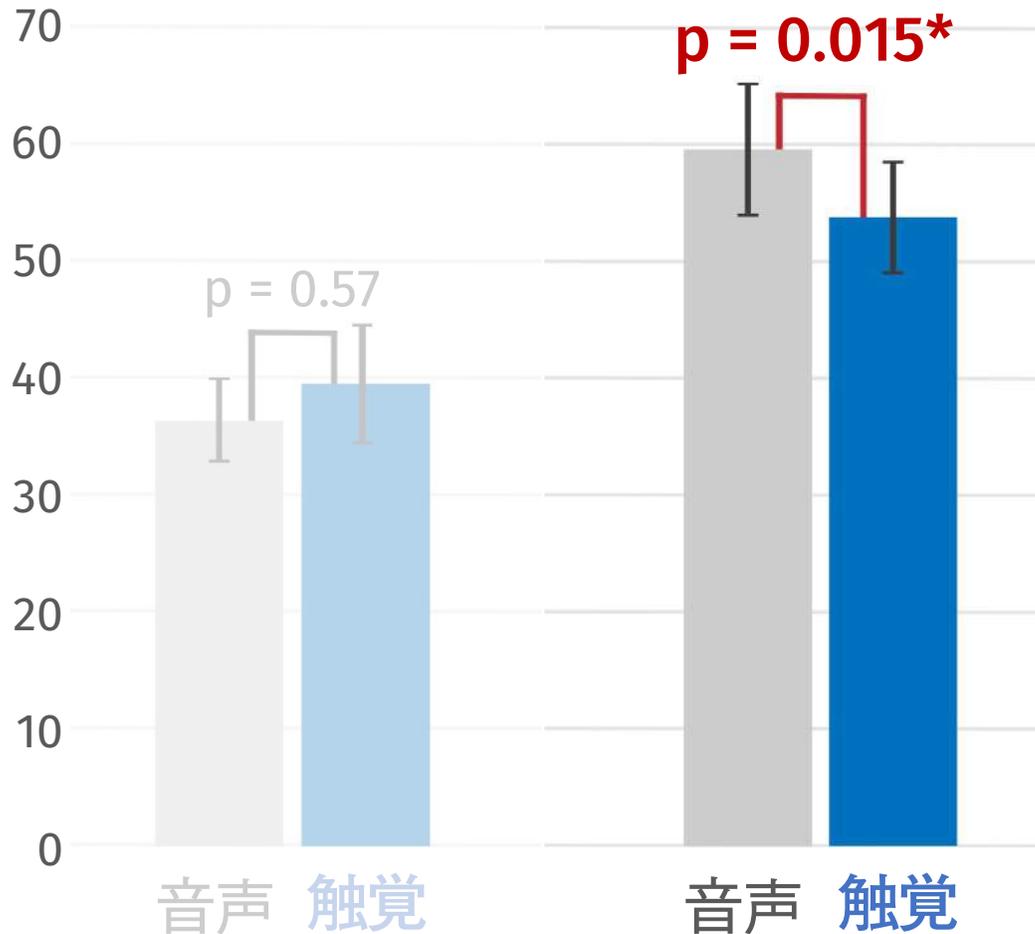
歩行者が二回点字ブロックを塞ぐ

コントロール環境

Movie

参加者全員が歩行者との衝突を回避

タスク完了時間 (秒)



On-path Mode

Off-path Mode

Findings

音声コマンドよりレバー型デバイスの方が
**Off-path modeでのタスク完了時間が
短くなった**

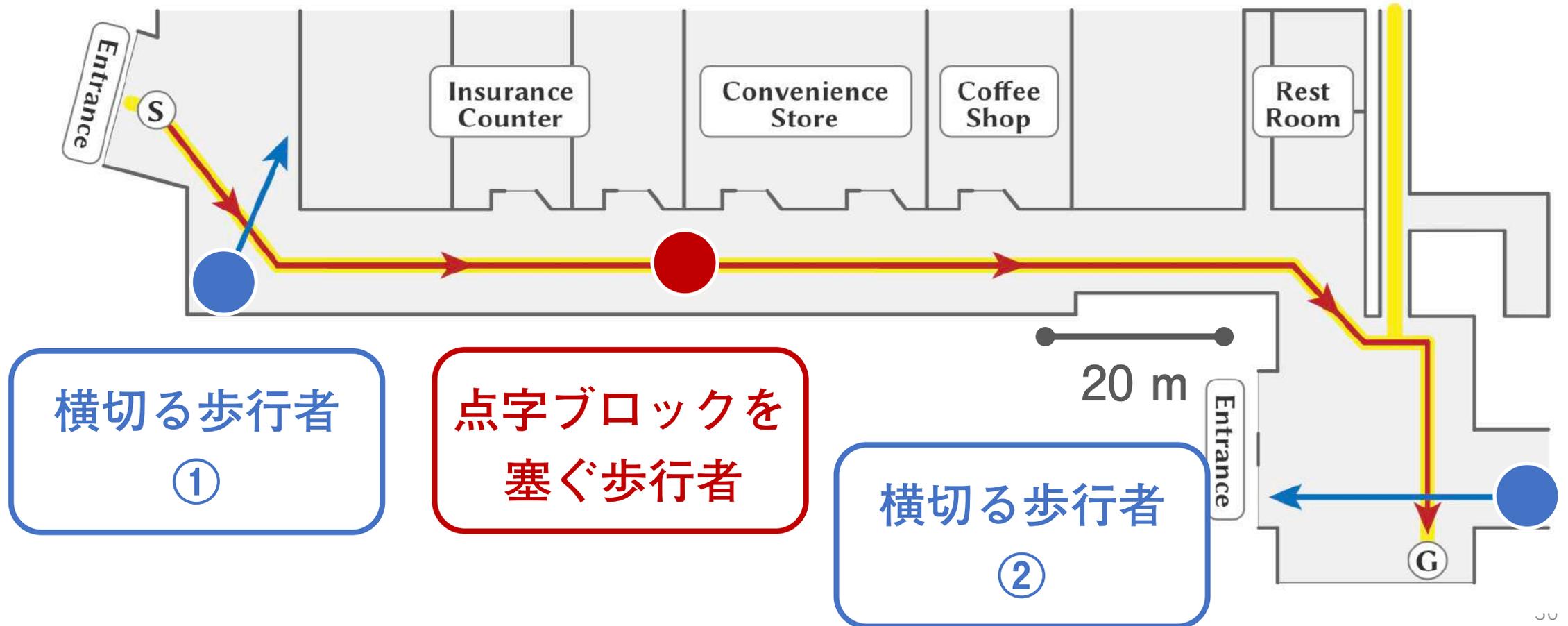
ユーザからのコメント

「レバーが進むべき方向を直接指し示してくれるため、
方向を合わせるのに役立った。」 (P8)

「音声よりも触覚の方が細かい角度の指示を受け取ることができる。」
(P3)

実環境

全長180 mの点字ブロック上を移動



Result

Movie



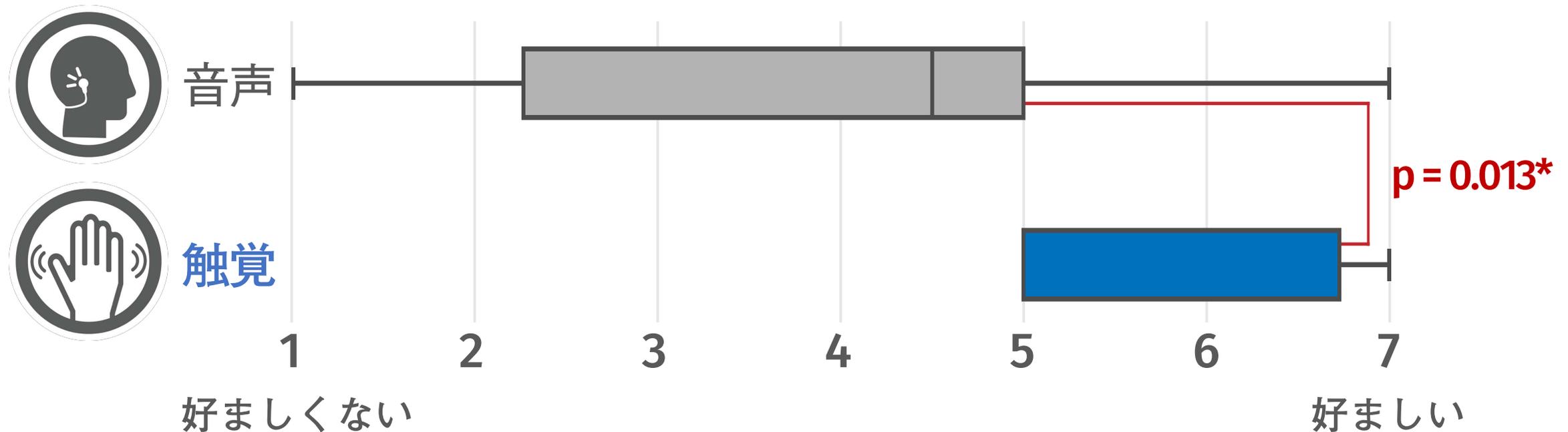
Result

Movie



インタフェースの比較結果

Q: 各インタフェースは歩行中に指示を与える手段として好ましいですか？



ユーザは音声インタフェースより触覚インタフェースを好む

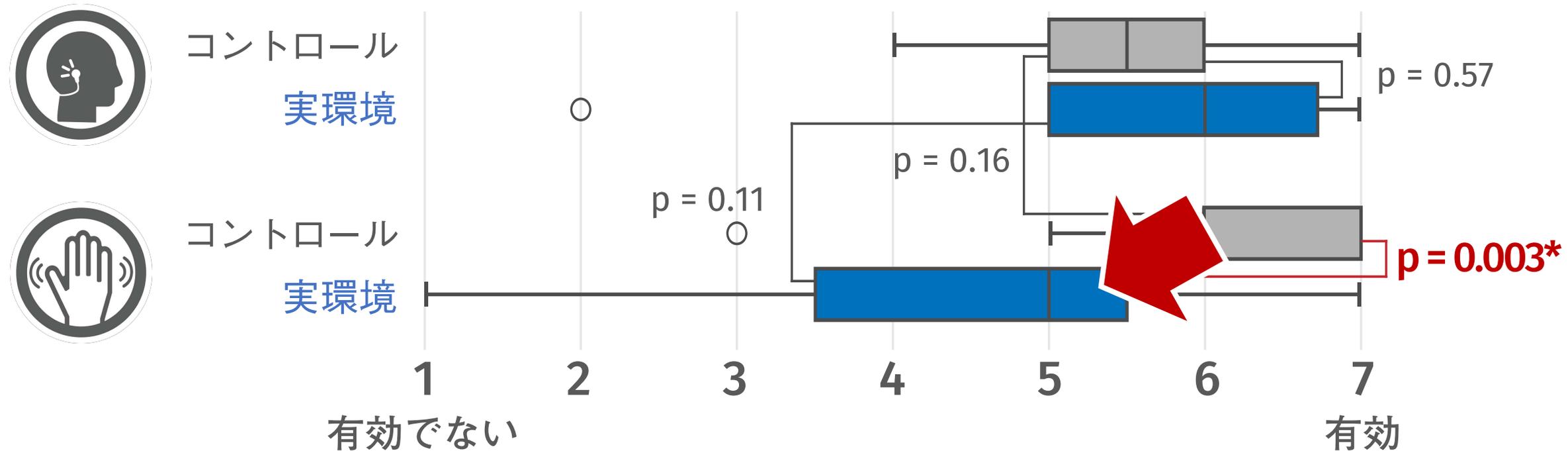
ユーザからのコメント

「実環境で移動する際に**頻繁に音声で指示**を出されることは**環境音の聞き取りの邪魔になるため危険**である。」 (P9)

「**白杖, 自分の耳, そして触覚インタフェースを組み合わせることで****周囲の状況や衝突の危険性を把握**することが容易にできた。」 (P8)

各インタフェースの評価結果：On-path Mode

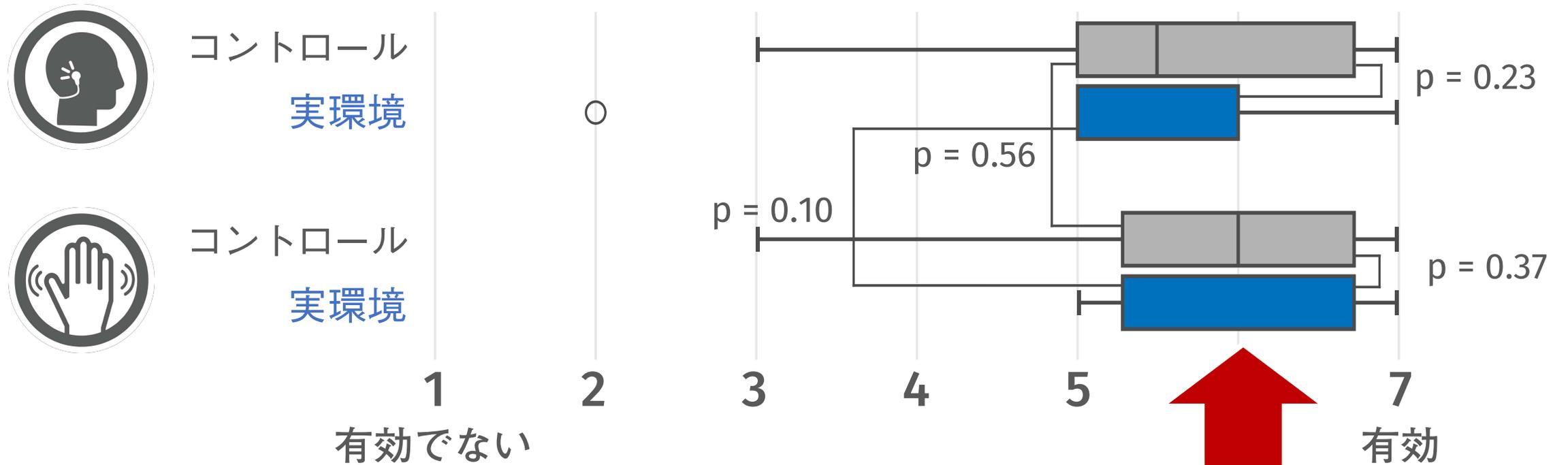
Q: 各インタフェースはOn-path Modeにおいて有効でしたか？



触覚インタフェース（振動するハンドル）の有効性が実環境で低下

各インタフェースの評価結果：Off-path Mode

Q: 各インタフェースはOff-path Modeにおいて有効でしたか？



触覚インタフェース（レバー型デバイス）は実環境でも有効

触覚インタフェースの改善点

「実環境ではスーツケースが**床面の凹凸の影響**を受けて振動したため、**振動パターンを感じることに集中**する必要があった。」 (P6)

「**レバーは地面の凹凸の影響を受けないため、常に有効**だった」 (P7)

解決案

振動パターンの代わりに**形状が変化するインタフェース**を使用

Summary

公共空間における視覚障害者向け歩行支援システム

歩行者との衝突予測に基づき、視覚障害者が歩く速度や方向を調整しながら衝突を回避できるように支援

音声と触覚二種類のインタフェースをユーザ実験を通して比較

ユーザは環境音の聞き取りを妨げない触覚インタフェースの方を好むことを確認

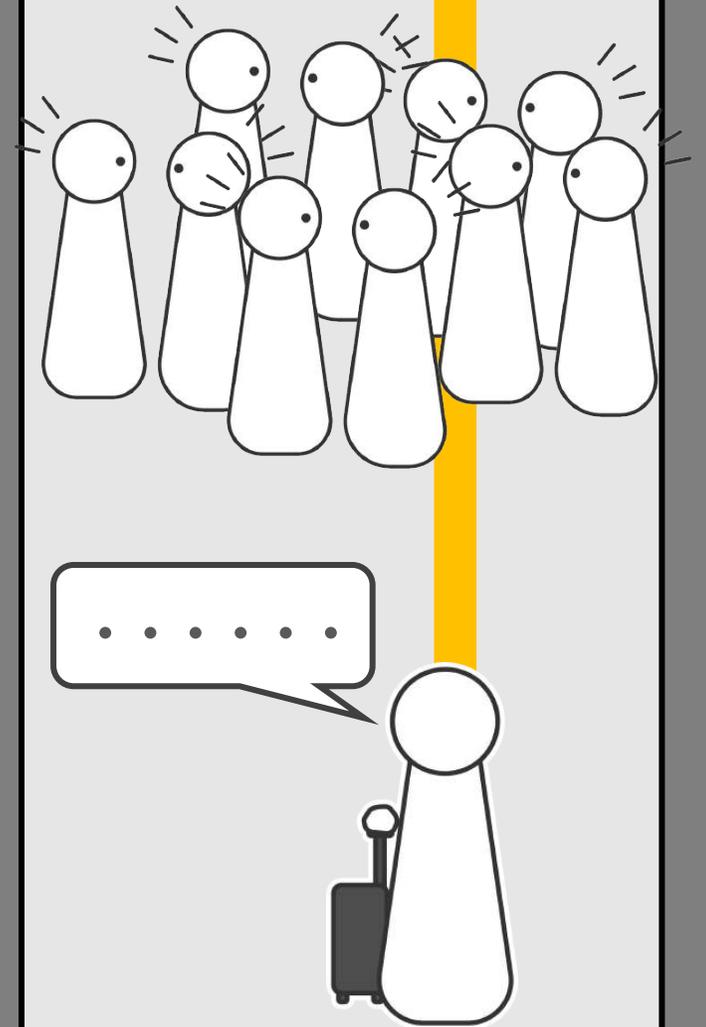


Q and A

査読でいただいたコメントとその回答

Q1: BBeepと統合することは検討した？

- 将来的には組み合わせて行きたいです
- **Off-path Mode**で経路が生成できないときに
ビーブ音を鳴らして経路を確保したいです
(警告音を鳴らすのは最終手段として使い分ける)



Q2: On-pathとOff-pathの切り替えは問題なくできた？

- 実験前に15分程度練習したところ，問題なく切り替えることができました
- Off-path modeに切り替えた直後に人が目の前からいなくなり，システムが直進するように案内したため，**混乱する方**が何人かいました。
- **案内中に周囲の状況を説明**するシステムを追加することでより**安心して，自信を持って移動**できるようになるかもしれません。



Q3: 人物検出, 衝突予測などの精度は検証した?

- 数値的な評価はしていません.
- だいたいの感覚ですが, 8 ~ 9 m離れた歩行者を 4 ~ 5 FPS程度の速さでトラッキング可能です



Q4: 視覚障害者向け自律ロボットとの違いは？

- スーツケースを押して歩くことで、
ユーザの好きな速度で移動することが可能です。
- Off-path Modeの案内方法の一つとしてロボットが
直接ユーザを引っ張る方式が考えられます。
- ユーザの好みや歩行能力、慣れた場所か初めての場所か
などで最適な案内方法が変わる可能性があるため、
比較調査していきたいです。

