

令和4年度  
豊橋市大学研究活動費補助金事業報告

# 屋外公共空間における 流動・滞留行動の観測手法に関する研究

---

小野悠 | ONO, Haruka

豊橋技術科学大学建築・都市システム学系



Section 1

はじめに

# 参画メンバー

---

## □ 教員

- 小野 悠 | 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 准教授
- 大村 廉 | 豊橋技術科学大学 情報・智能工学系 准教授
- 畑山 要介 | 豊橋技術科学大学 総合教育院 准教授
- 松尾 幸二郎 | 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 准教授
- 水谷 晃啓 | 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 准教授
- 辛島 一樹 | 前橋工科大学 環境・デザイン領域 准教授

## □ 学生

- 水野 有華 | 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学専攻修士2年 (R4年度現在)
- 三井 寛子 | 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学専攻修士2年 (R4年度現在)
- CHHEANG KIM | 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学過程4年 (R4年度現在)

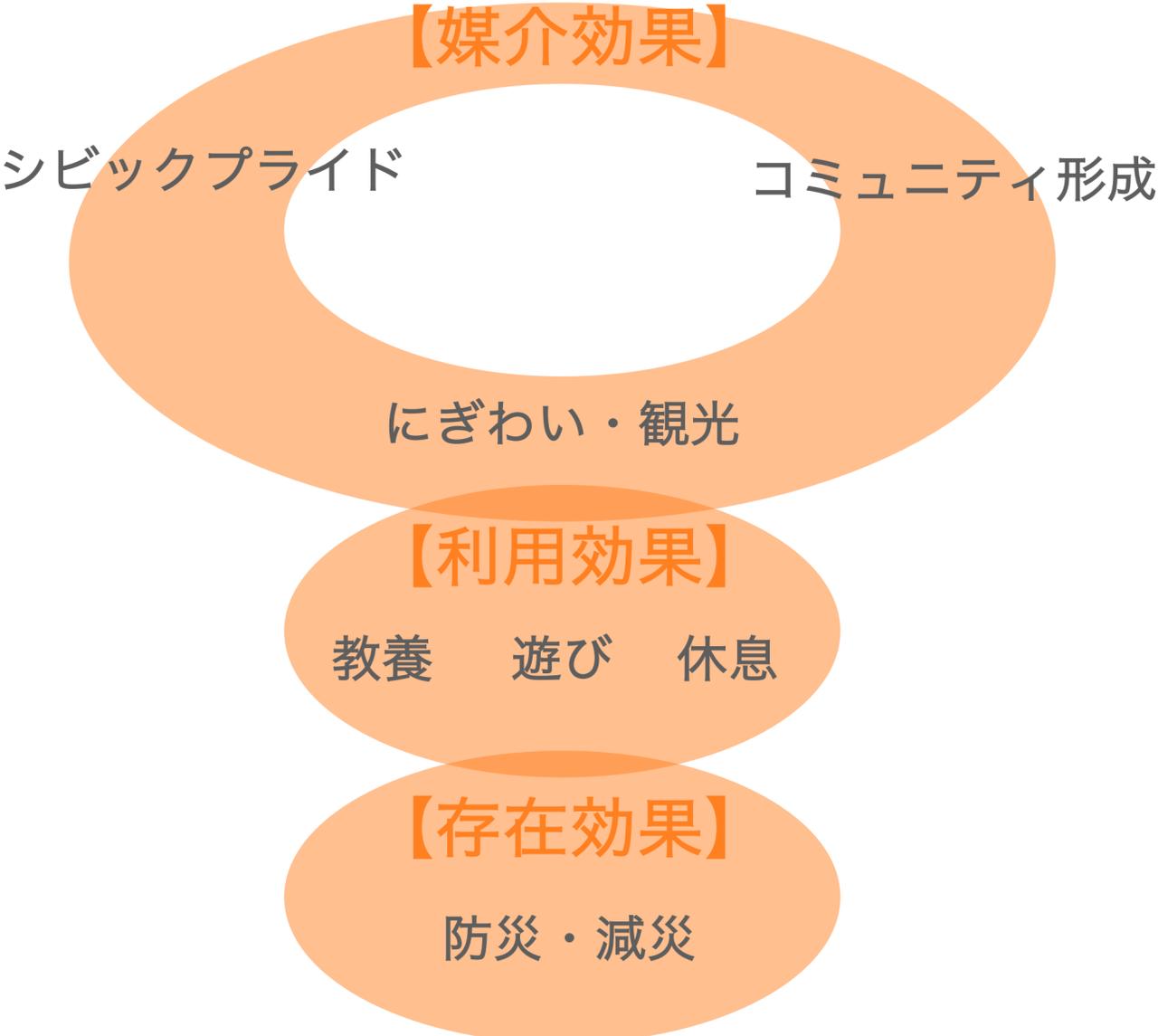
## □ 組織・機関

- 豊橋市都市計画部 まちなか活性課
- 株式会社サイエンス・クリエイト 事業推進部 (メイカーズ・ラボとよはし)
- 豊橋まちなか未来会議

# 研究の背景・目的

背景：地方都市中心市街地では、行政のにぎわい創出やまちなか居住の促進、民間のマンション・複合ビル開発、市民によるイベント開催等、活性化のためのさまざまな施策・取り組みが行われているが、使えるデータが不足しているため効果を評価することが困難である。

目的：豊橋中心市街地の屋外公共空間における流動・滞留行動をさまざまな手法を用いて観測することで、人々の流動・滞留行動の実態を多角的に把握する方法を検討する。



屋外公共空間の効果

Section 2

# 圧力センサを用いた着座状況の把握

屋外公共空間におけるベンチの利用状況把握に向けて

# 目的

---

豊橋市中心市街地のまちなか広場に設置された  
ベンチの利用状況を圧力センサを用いて測定



圧力センサの精度を検証

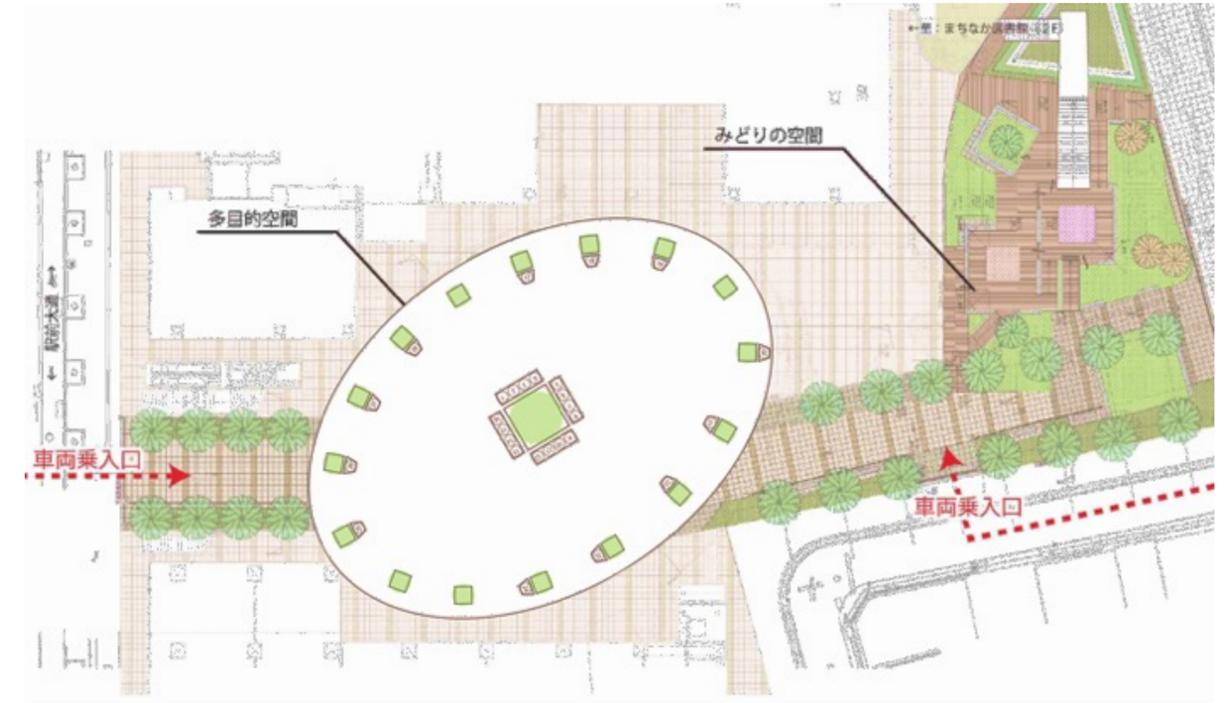
ベンチの利用状況を把握



圧力センサを用いた着座測定手法の利用可能性を検討

# 方法

- 調査地：まちなか広場
- 広場のベンチ設置：
  - 1人がけのベンチ12基（12座席）
  - 2人がけの長ベンチ8基（16座席）
- 調査日：14日間（2022年8～12月）
- 調査時間：原則9:00-18:00
- 方法：
  - 圧力センサを内蔵した座面クッションをベンチに配置
  - 精度評価のためのビデオ撮影（2022年11月25日）
  - 利用状況把握のため着座状況データの取得



まちなか広場



座面クッションを設置したベンチ

# まちなか広場の利用状況

平日	イベントなし	2022年8月15日(月) 天気 晴れのち曇り 最高気温 33° 最低気温 25° 平均風速 3.8m/s	2022年9月12日(月) 天気 晴れ 最高気温 32° 最低気温 22° 平均風速 2.9m/s	2022年10月11日(火) 天気 晴れ ※実験時間：9:00-17:00 最高気温 22° 最低気温 16° 平均風速 5.8m/s	2022年10月12日(水) 天気 曇り 最高気温 23° 最低気温 16° 平均風速 1.6m/s		
		2022年11月18日(火) 天気 曇りのち晴れ 最高気温 23° 最低気温 16° 平均風速 4.2m/s	2022年11月16日(水) 天気 晴れ 最高気温 17° 最低気温 9° 平均風速 4.7m/s	2022年11月21日(月) 天気 晴れ 最高気温 19° 最低気温 12° 平均風速 3.6m/s	2022年11月25日(金) 天気 晴れ 最高気温 18° 最低気温 10° 平均風速 2.2m/s		
		2022年8月14日(日) 天気 曇り 最高気温 30° 最低気温 25° 平均風速 3.1m/s	2022年9月17日(土) 天気 曇り時々晴れ ※実験時間：10:30-18:00 最高気温 32° 最低気温 22° 平均風速 6.7m/s	2022年10月8日(土) 天気 曇り時々晴れ 最高気温 23° 最低気温 17° 平均風速 3.4m/s	2022年11月19日(土) 天気 晴れのち曇り 最高気温 19° 最低気温 5° 平均風速 2.5m/s		
		2022年10月16日(日) 天気 晴れ ※近隣で複数イベント開催 最高気温 26° 最低気温 17° 平均風速 3.1m/s	2022年12月4日(日) 天気 晴れのち曇り 最高気温 14° 最低気温 8° 平均風速 5.7m/s				
	休日	イベントあり					



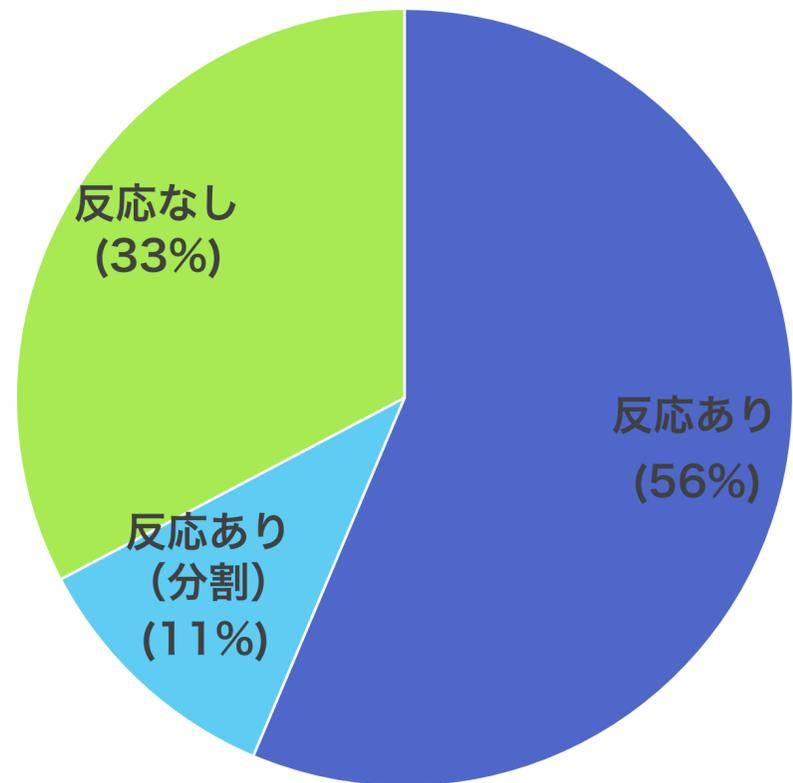
平日（8月15日）の様子



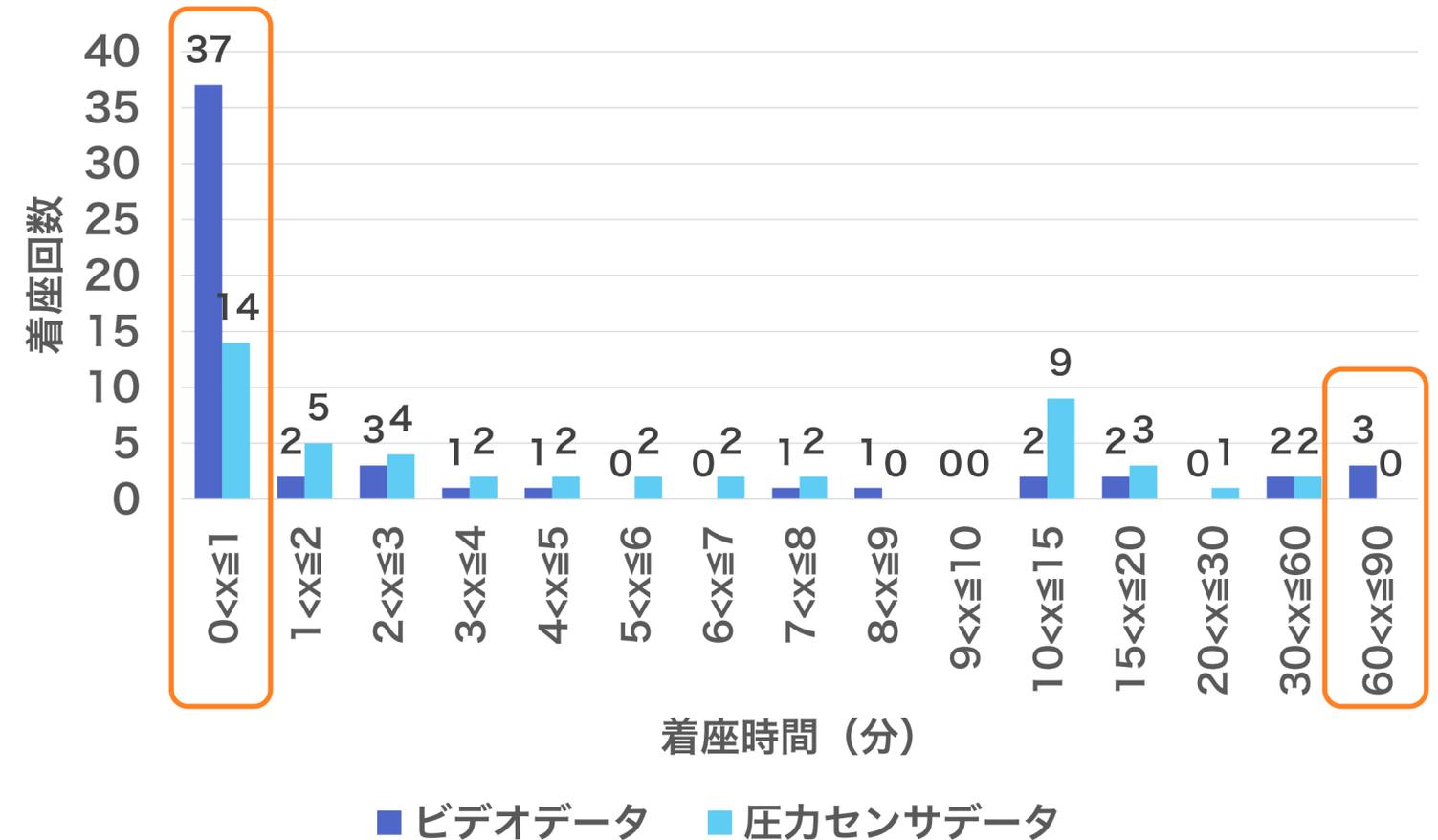
休日（8月14日）の様子



# 圧力センサの精度検証



ビデオデータに対する圧力センサの反応の有無

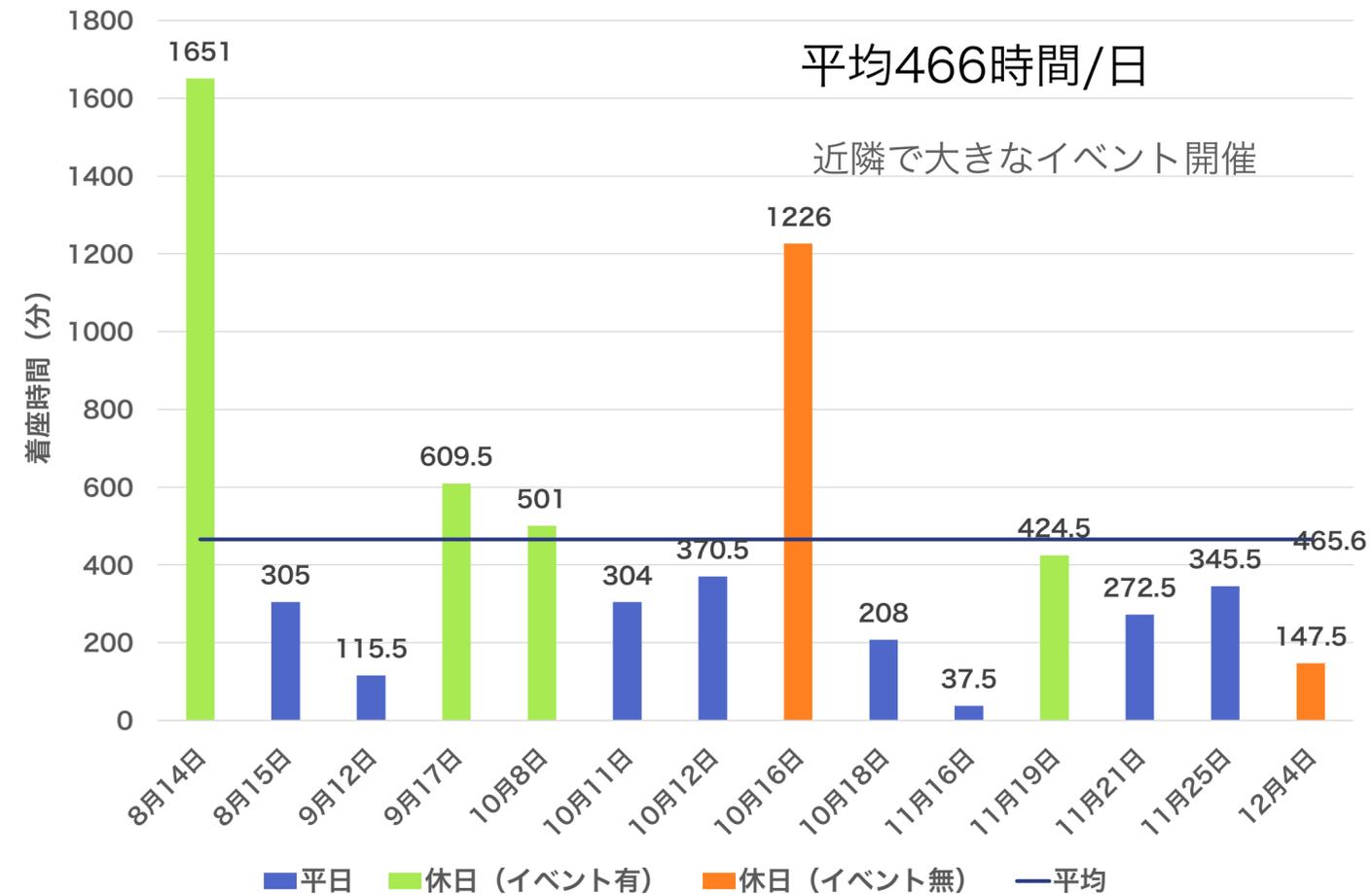


着座時間別にみるビデオデータに対する圧力センサの反応回数

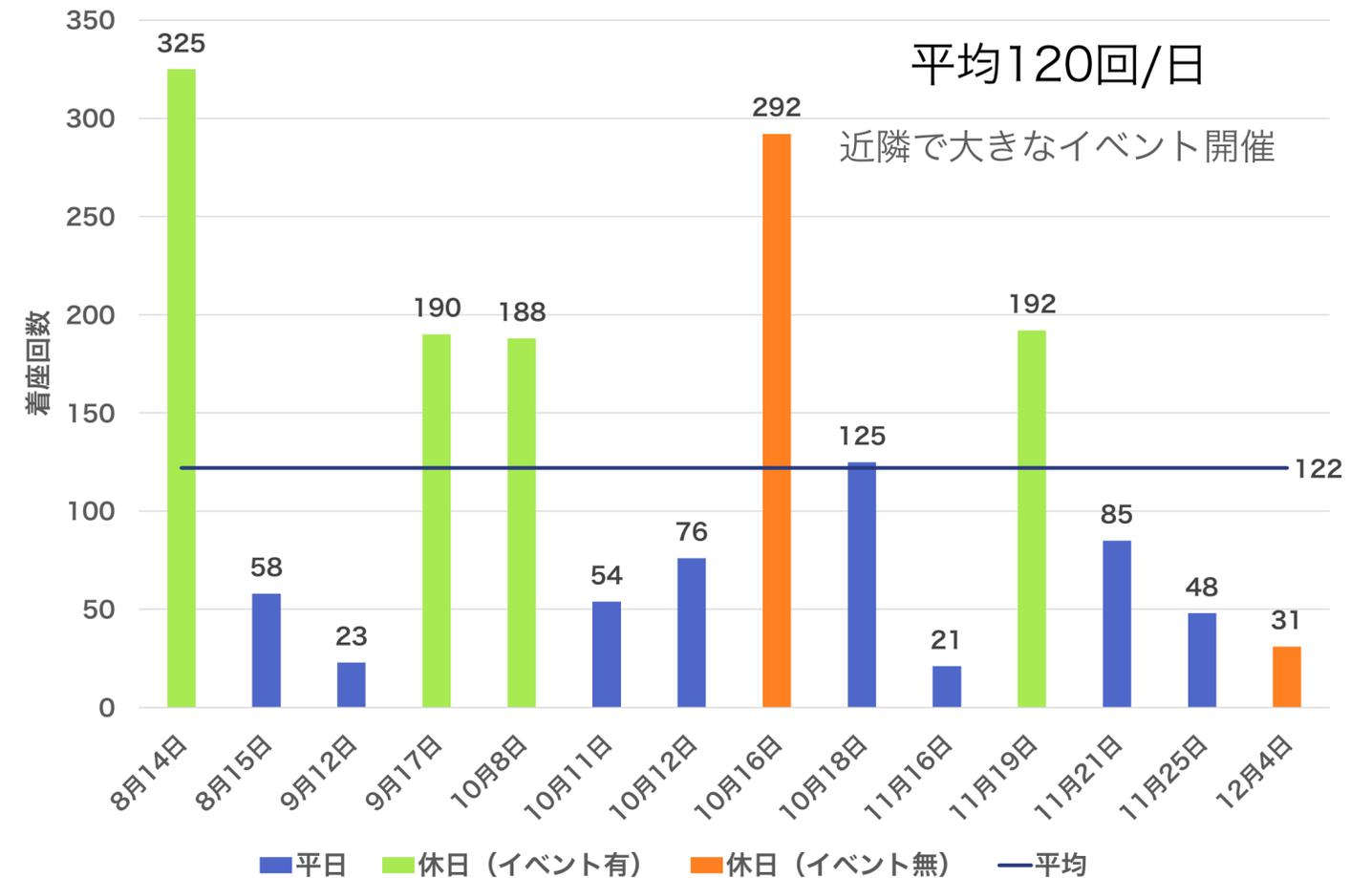
- ビデオデータで確認できる着座に対して圧力センサで正確に反応しているのは56%
- 着座時間1分以下では圧力センサで反応するのは半分以下  
←センサの特性上、データ送信間隔が30秒程度空くため
- 着座時間60分以上では圧力センサの反応がない  
←受信に使用したGoogle Pixelの特性上、60分以上のデータは書き込まない

# 1日の着座時間/回数

1日にどのくらいの人が、どのくらいの時間、座ったか？



1日の総着座時間

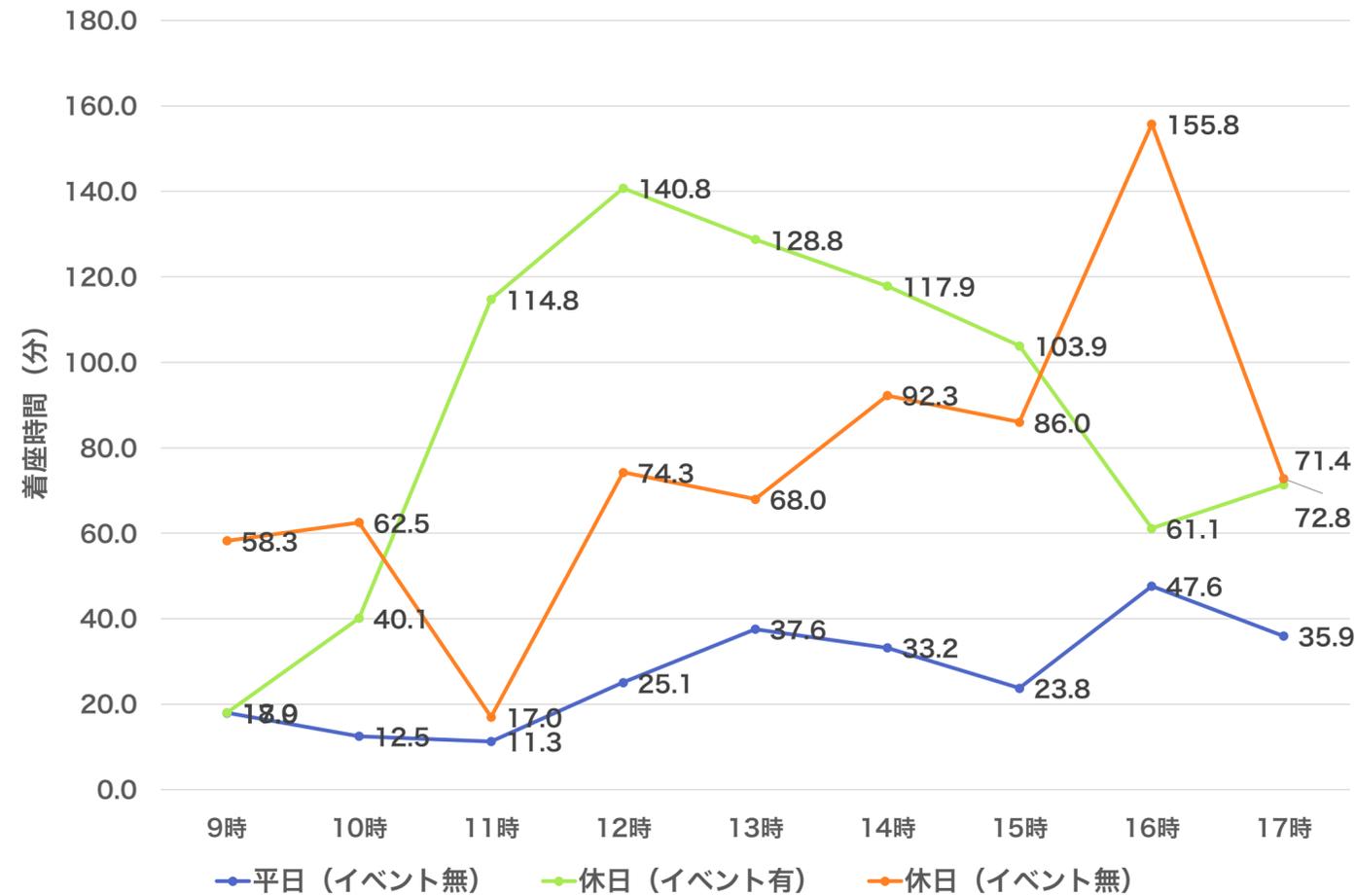


1日の総着座回数

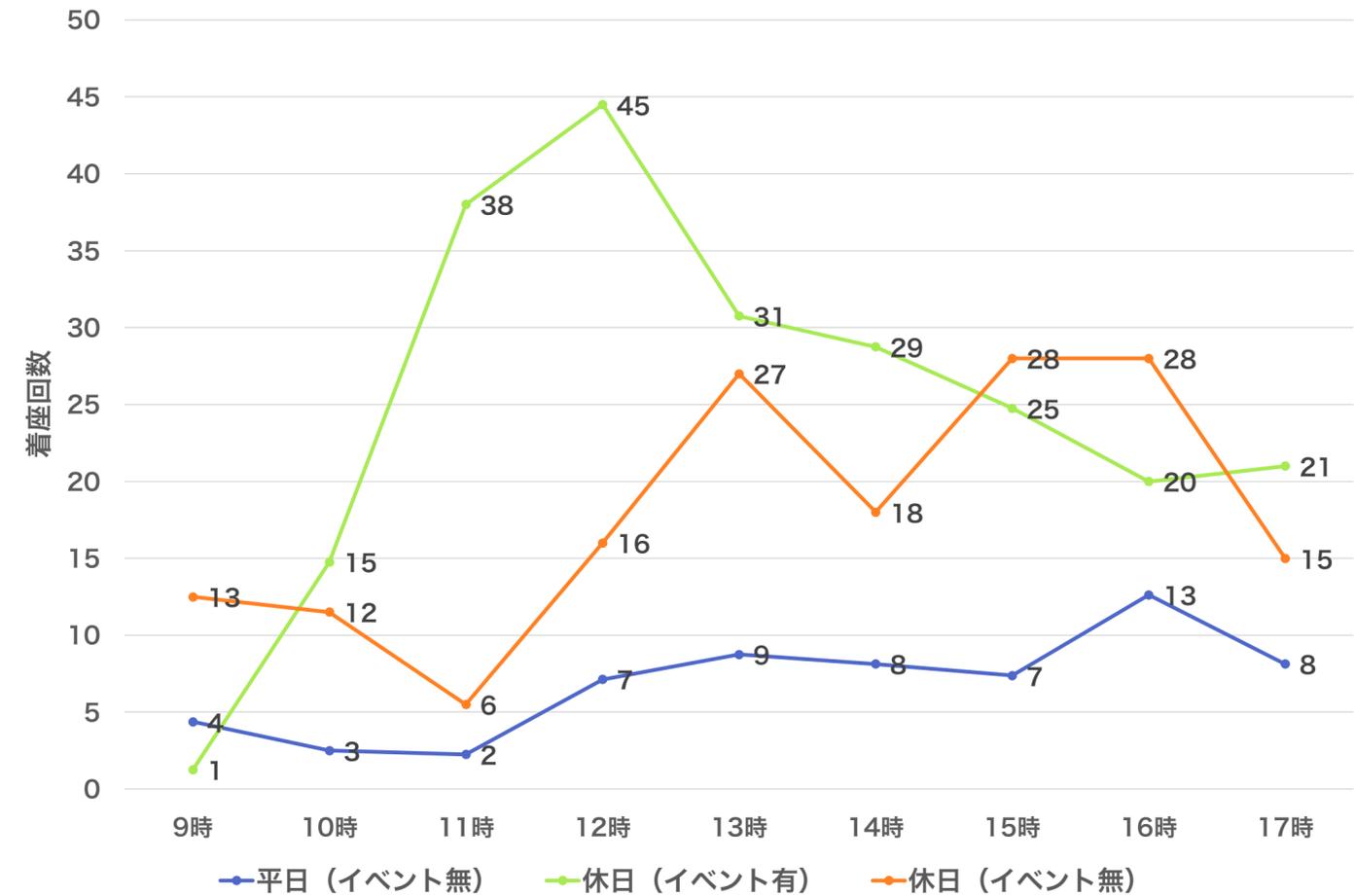
- 着座状況は日による変動がある
- 平日に比べて休日で着座時間が長く、着座回数が多い傾向
- 周辺で開催されるイベントの有無が着座状況に影響

# 時間帯別の着座時間/回数

何時頃にもっとも座っているか？



時間帯別の着座時間



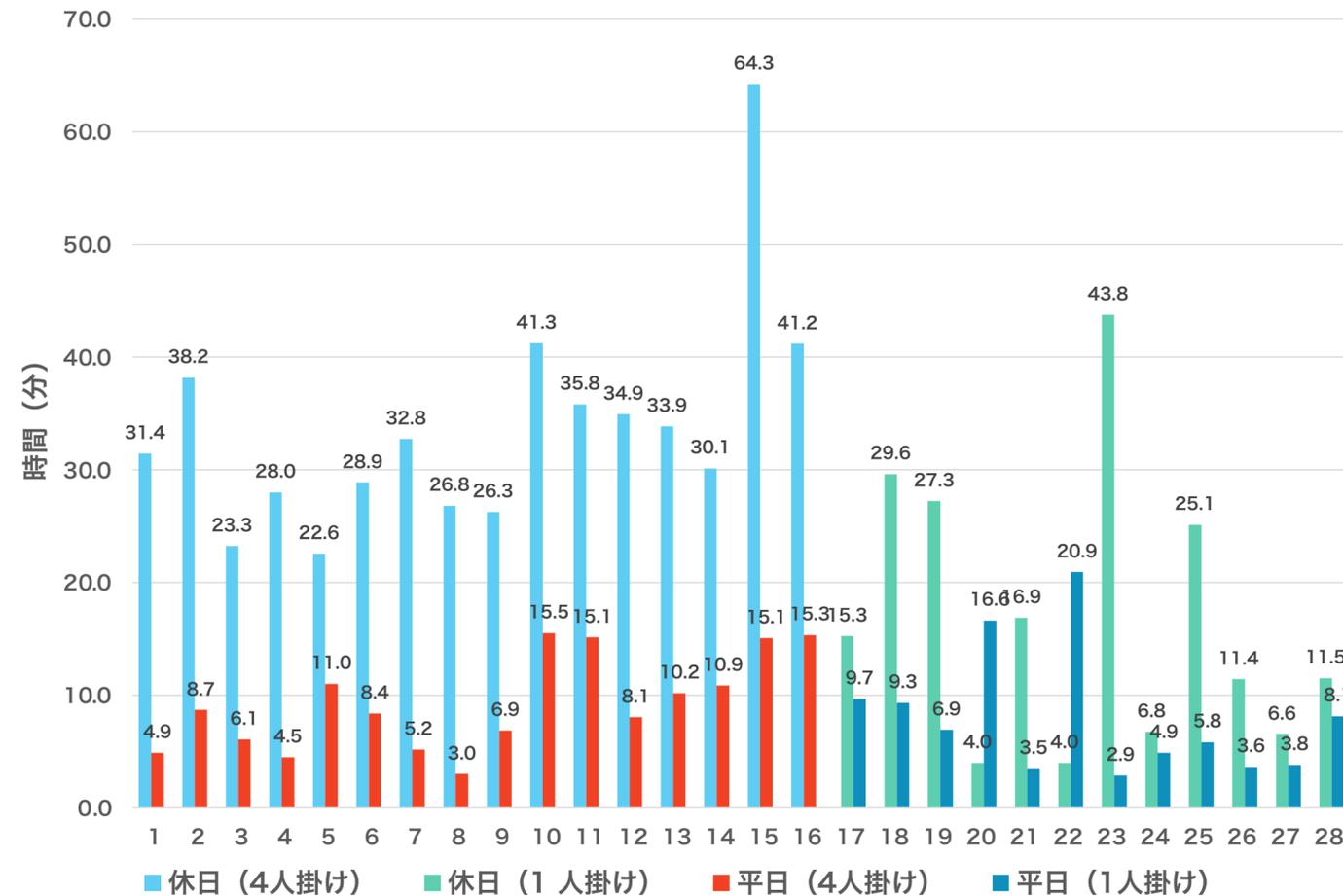
時間帯別の着座回数

- 着座状況は時間帯による変動がある
- 平日は夕方に着座が多いが、休日は昼頃にピーク

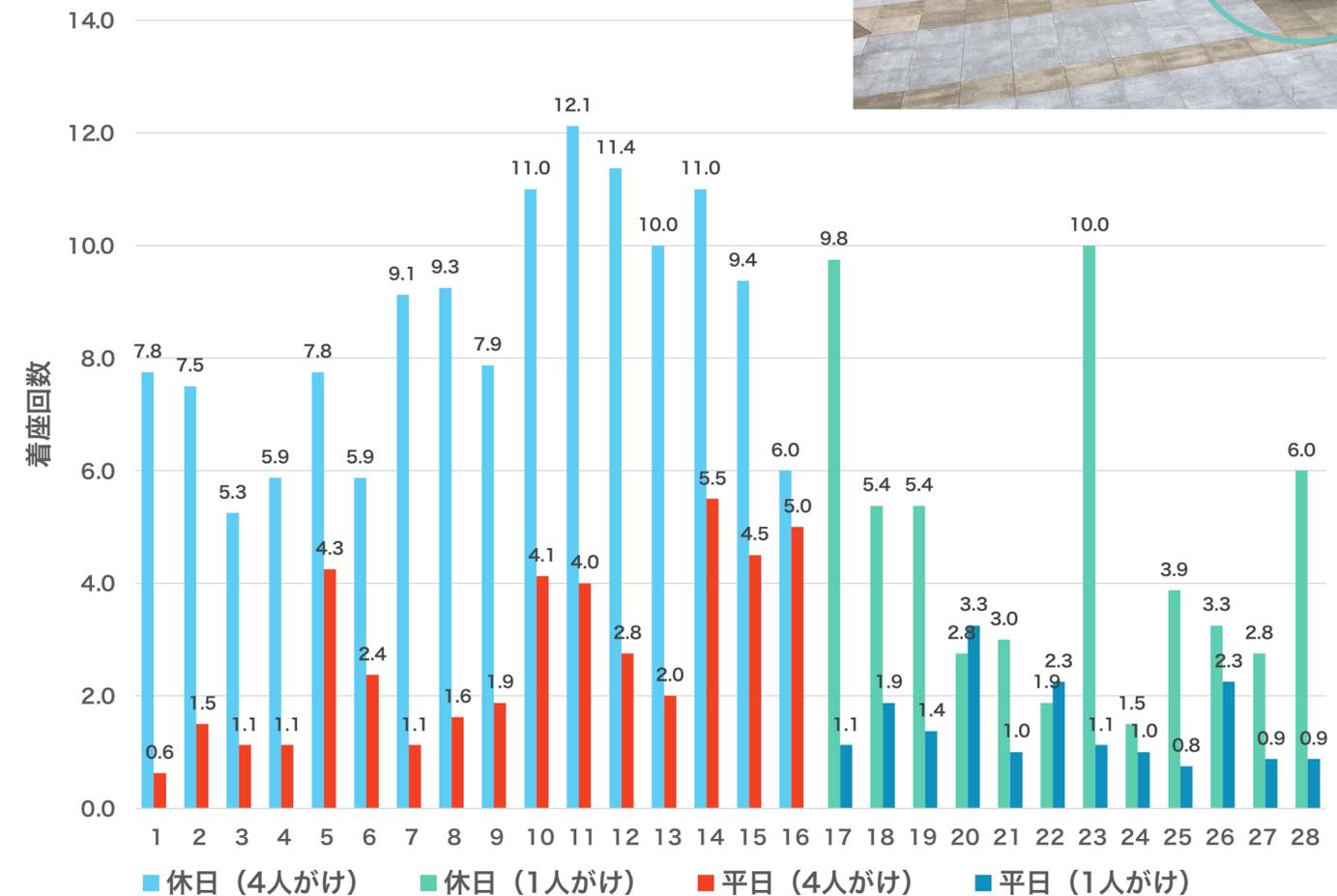
# 座席タイプ別の着座時間/回数



好まれるベンチはあるか？



座席タイプ別の着座時間



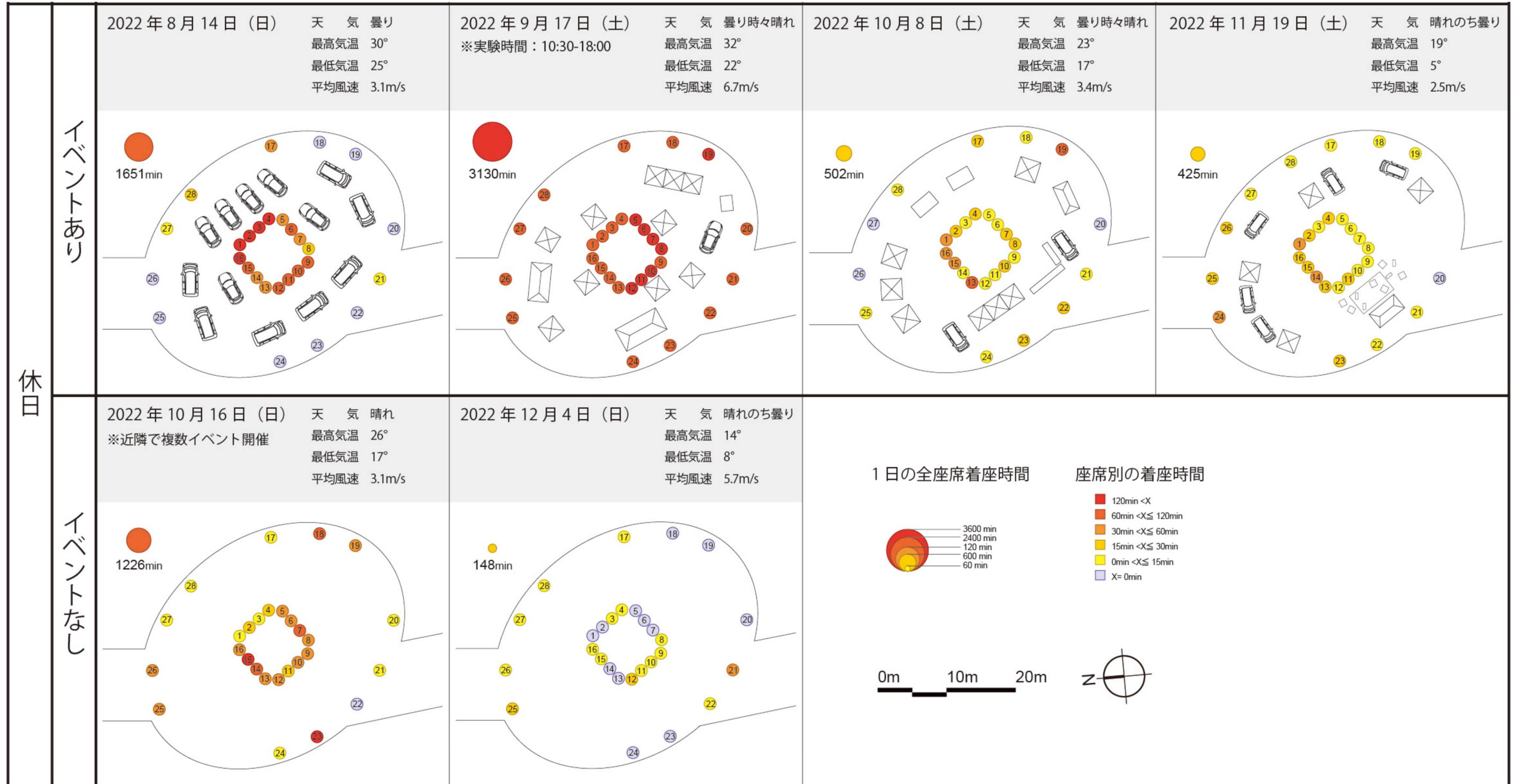
座席タイプ別の着座回数

- 4人がけベンチの方が1人がけベンチよりも平日・休日ともに利用が多い傾向
- 4人がけベンチは平日に比べて休日に利用が多い
- 1人がけベンチは平日と休日で差が小さい

# 座席の着座状況 (平日)

平日 イベントなし	2022年8月15日(月) 天気 晴れのち曇り 最高気温 33° 最低気温 25° 平均風速 3.8m/s	2022年9月12日(月) 天気 晴れ 最高気温 32° 最低気温 22° 平均風速 2.9m/s	2022年10月11日(火) 天気 晴れ ※実験時間：9:00-17:00 最高気温 22° 最低気温 16° 平均風速 5.8m/s	2022年10月12日(水) 天気 曇り 最高気温 23° 最低気温 16° 平均風速 1.6m/s
	2022年10月18日(火) 天気 曇りのち晴れ 最高気温 23° 最低気温 16° 平均風速 4.2m/s	2022年11月16日(水) 天気 晴れ 最高気温 17° 最低気温 9° 平均風速 4.7m/s	2022年11月21日(月) 天気 晴れ 最高気温 19° 最低気温 12° 平均風速 3.6m/s	2022年11月25日(金) 天気 晴れ 最高気温 18° 最低気温 10° 平均風速 2.2m/s

# 座席の着座状況 (休日)



# まとめ

---

- ベンチの着座状況は、平日／休日、イベント有無（近隣でのイベントを含む）、時間帯、座席タイプによって異なることが定量的が明らかになった
- 精度に課題があるものの誤差を踏まえた利用が可能。レシーバーの選択やデータ送信間隔の設定で精度が向上する可能性がある
- 圧力センサを用いることで、ベンチの利用状況を長期的かつ簡易に把握することが可能となることが示唆された
- 広場及び周辺のイベント実施状況、気候や天気などの環境要因に関するデータと組み合わせることで、広場における滞留行動の傾向や要因についてより分析が可能となることが示唆された

Section 3

## **RTK-GNSSの精度検証**

屋外公共空間における可動椅子を追跡に向けて

# 目的

可動椅子の利用を追跡することを目指し、まちなかでのGNSSの精度を検証し実用可能性を検討



可動椅子が備わったパブリックスペースとして有名なニューヨークのブライアントパーク

Step1

## GNSS固定点測位精度の検証

可動椅子移動実験



Step2

## GNSS移動体測位精度の検証

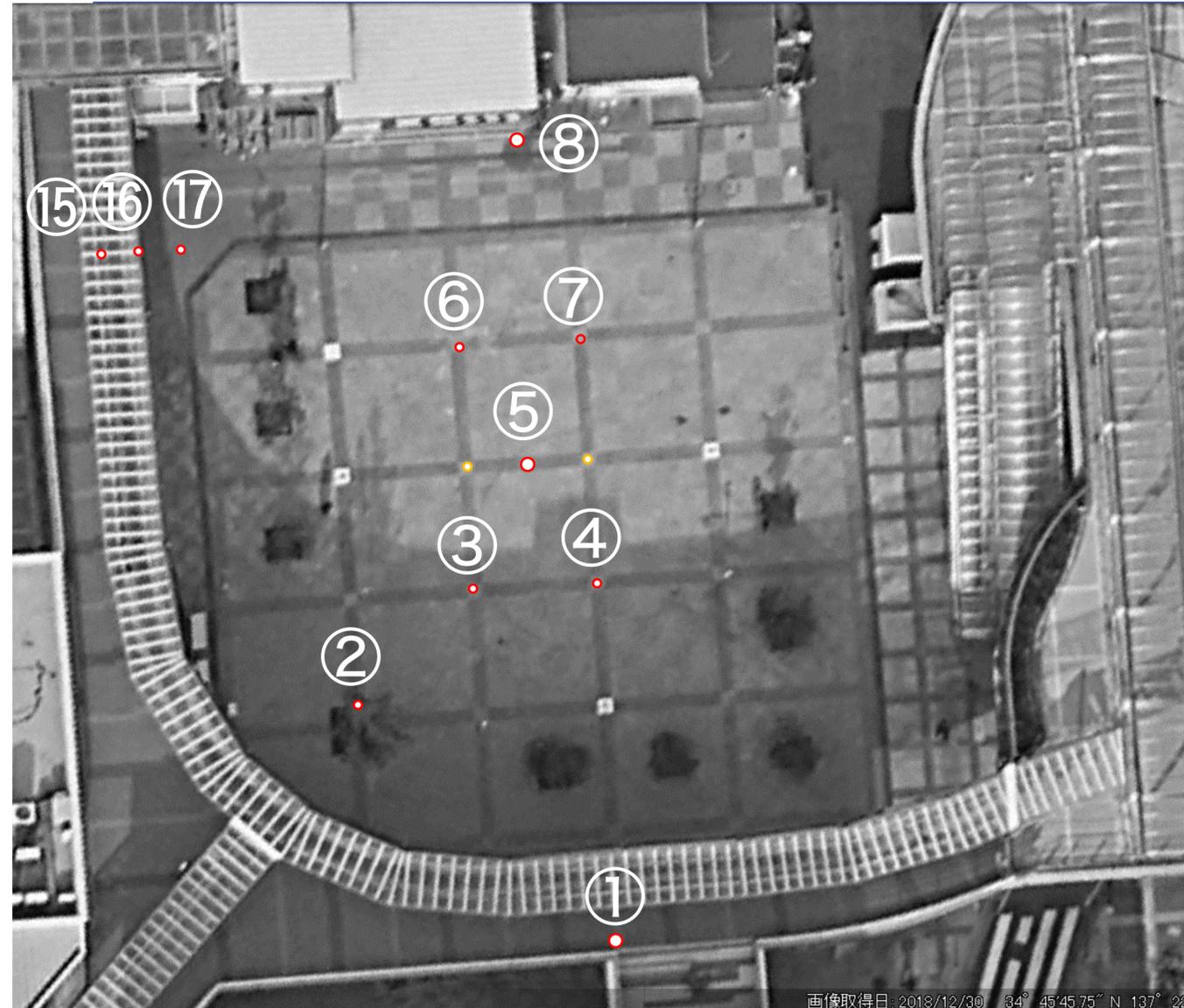
対象地点の測量  
GNSS測位データ取得



# 測位手法の検討

技術	精度	適用範囲	プライバシーの懸念	取得可能データ	屋内利用	設置
衛星測位システム (GPS/GNSS)	GPS Logger 5m~ RTK 1cm~	人工衛星が届く 範囲	低	位置、追跡、速度	不可	人工衛星 GPS受信機
無線LAN	5~10m	最適:0~50m 最大100m	低	位置、追跡	可	無線LAN
Bluetooth	~5m	最適:0~25m 最大100m	低	位置、追跡	可	センサー装置
Ultra-Wide Band (UWB)	~50cm	最適:0~50m 最大200m	低	位置、追跡	可	センサー装置
Radio Frequency Identification (RFID)	1~10m	数十メートル	低	位置、追跡	可	無線タグ
ビーコン	3m~	数十メートル	低	位置、追跡	可	ビーコン機器
赤外線カメラ	詳細	数十メートル	中	位置、追跡、アクティビティ	可	赤外線カメラ
ビデオ録画	詳細	数十メートル	高	位置、追跡、アクティビティ	可	ビデオカメラ

# 固定点測位精度評価 | 実験概要



測位地点

## 測位日時

データ取得日	時間	測位地点
2022/4/12	10:50-12:55	①,⑤
2022/4/13	12:50-13:55	⑧
2022/9/21	13:30-17:00	①,⑤,⑧,⑬,⑭,⑰
2022/10/11	10:50-15:20	②,③,⑤,⑬,⑭,⑰
2022/10/26	10:50-15:30	②,③,④,⑥,⑦

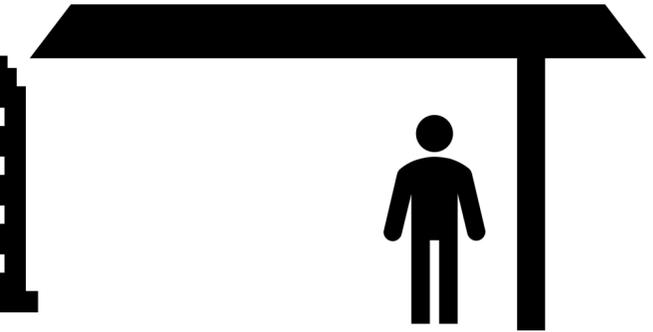
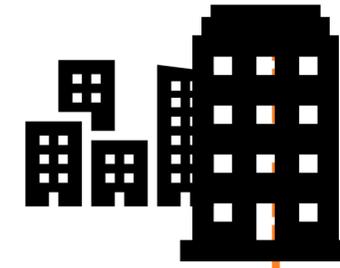
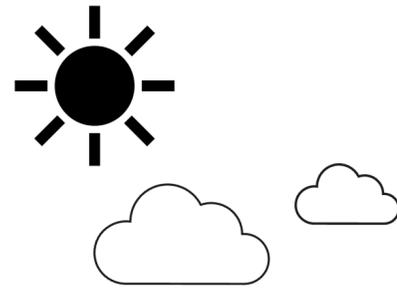


トラバース測量

- 場所  
豊橋駅南口駅前広場
- 測位地点  
計11地点
- 取得時間  
各1時間×3回 計33回
- GNSSでの測位値とトラバース  
測量値との比較で精度評価

# 固定点測位精度評価 | 実験結果

## 補正で追跡可能となる範囲



### 上空を遮るものが無い

- 真値との差は0.5m以下。
- X +0.13m, Y -0.12mと誤差が同様の傾向
- おおよそ5分程度で安定した座標が得られる

### 障害物はあるが、上空視界が確保されている

ex) 枝葉の多くない木

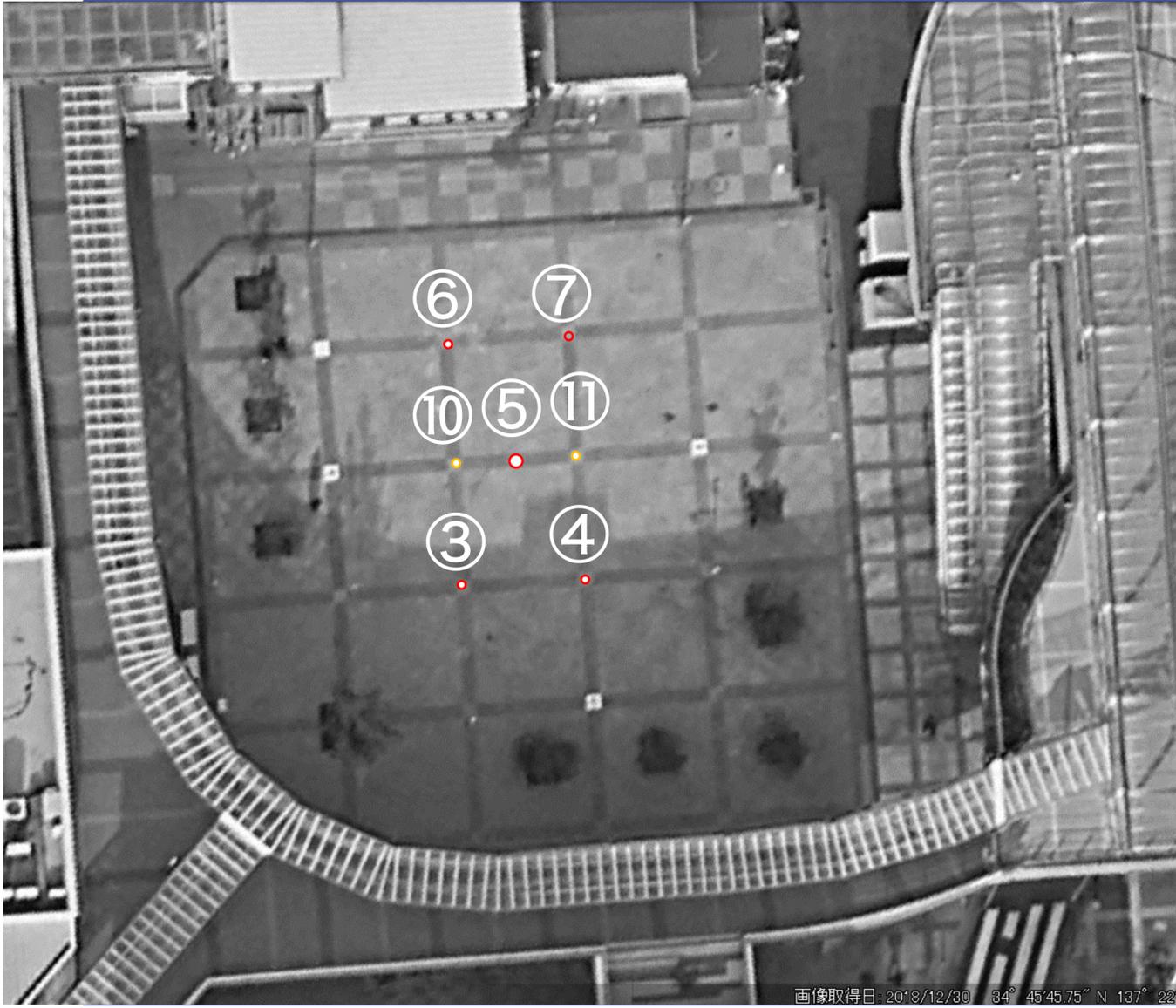
- 真値との差は0.5m以下。
- X +0.13m, Y -0.12mと誤差が同様の傾向
- おおよそ5分程度でFIXする

### 上空が半分程度以上遮られている

ex) 建物のすぐ横、屋根の下

- 真値との差は数m以上。
- FIXが困難。FIXしてもミスFIXであることが多い

# 移動体測位精度評価 | 実験概要



測位地点

## 測位日時

場所	豊橋駅南口駅前広場 測点③～⑦、⑩、⑪	
実験日	2022/12/01 13:00-15:00	2023/01/13 12:00-14:00
使用した椅子	<ul style="list-style-type: none"> <li>木の椅子</li> <li>折りたたみ椅子</li> <li>三脚</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>折りたたみ椅子</li> <li>屋根つき椅子</li> </ul>

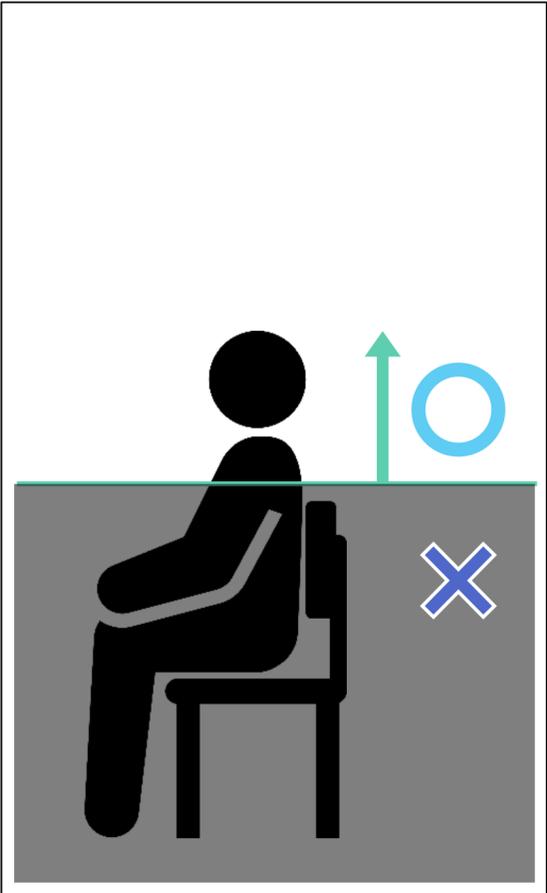
- 場所：南口駅前広場の中心部
- 取得時間：各点10分
- 測位点：順不同 8か所



実験に使用した椅子

# 移動体測位精度評価 | まとめ

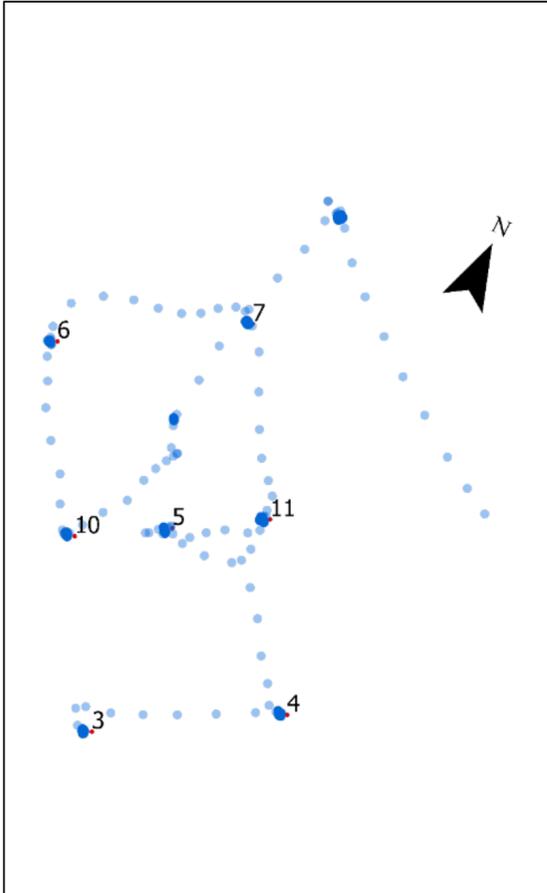
アンテナは  
肩の高さ以上に



滞在時間の誤差は  
数秒~1分程度



座標の誤差は  
最大で0.5m程度



# まとめ

---

- 上空に障害物のない地点では測位誤差の合成距離が約0.2m、最大でも0.5m程度の精度で座標が把握できる
- 電波の不安定な衛星を取り除く補正を行うことにより、植樹の下でもおおよそ正確な座標推定が可能である
- 上空が屋根で遮られているような状況では、正確な座標推定が困難で、補正を行っても安定性に欠ける
- GNSSの精度を確保しつつ利用可能な椅子は、背もたれがあり着座者の肩の高さ以上にアンテナの取り付け可能である必要がある

Section 4

まとめ

# 屋外公共空間における流動・滞留行動の観測手法

	強み	弱み
KDDI Location Data	<ul style="list-style-type: none"><li>性別や年齢、居住地など個人属性データが利用可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>利用可能データが少ないため精度に課題</li><li>個人情報保護のために少数データが明らかにされない</li></ul>
Wi-fiパケットセンサー	<ul style="list-style-type: none"><li>個人情報を取得しないため汎用性が高い</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>個人属性データがない</li><li>スマホを持たない者が反映されない</li><li>精度は設置密度などに依存</li></ul>
圧力センサ	<ul style="list-style-type: none"><li>着座状況を長期的かつ簡易に把握可能</li><li>周辺状況や環境要因などのデータと組み合わせることで詳細な分析が可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>精度に課題がある（改善の可能性あり）</li><li>個人の属性データがない</li></ul>
RTK-GNSS	<ul style="list-style-type: none"><li>移動体のおおよそ正確な座標推定が可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>上空が屋根で遮られているような状況では座標推定が困難</li></ul>
ビデオ録画	<ul style="list-style-type: none"><li>性別や世代などの個人属性、行動などのデータが取得可能</li><li>データの精度が高い</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>人的・時間的コストが高い（→日常的な使用は困難）</li></ul>
アンケート	<ul style="list-style-type: none"><li>個人属性や個人の感想、意見、行動などの詳細なデータが取得可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>取得できるデータが少ない</li><li>人的・時間的コストが高い</li></ul>

## 成果・今後の課題

---

- 圧力センサを用いたベンチ等の着座状況の把握、RTK-GNSSを用いた可動椅子の追跡が一定の精度で可能であることが分かった
- KDDI Location Data、Wi-Fiパケットセンサー、動画解析、アンケート等と組み合わせ、それぞれの特性を活かして用いることで、中心市街地における流動・滞留行動を多角的に観測することが可能であることが示唆された
- 各観測手法の特性把握を行ったが、データを使う側の需要を整理し、いかに利用可能な観測手法とマッチングするかという検討が必要である