

〈一般研究課題〉 都市の広場空間におけるRTK-GNSSを用いた  
行動分析手法の開発

助成研究者 豊橋技術科学大学 小野 悠



## 都市の広場空間におけるRTK-GNSSを用いた 行動分析手法の開発

小野 悠  
(豊橋技術科学大学)

### Development of behavior tracking method using RTK- GNSS in an urban square

Haruka Ono  
(Toyohashi University of Technology)

#### Abstract :

We focused on "tracking mobile chairs" as a new method of understanding the behavior of people staying in urban squares. We evaluated the accuracy of RTK-GNSS as a technology for realizing this method. GNSS is a highly accurate technology used for surveying. Still, its accuracy is limited by the environment in which it can be used. Therefore, we confirmed the environment in which GNSS can be used in urban squares through experiments. First, the accurate evaluation of GNSS fixed points in the square showed that when there were no obstacles in the sky, the coordinates could be determined with an accuracy of approximately 0.2 m in terms of the composite distance of positioning error. Second, accuracy evaluation experiments of GNSS mobile units showed that the error between the time spent estimated from the data and the actual time spent was about several seconds to one minute and that the error in positioning coordinates was less than 0.5m. These results indicate that GNSS can be used as a method for tracking mobile chairs in urban squares.

#### 1. はじめに

都市の広場空間における人々の滞留行動を促す装置として着座設備が注目されている(戒田ら,2021;服部ら,2020)。着座設備としてはベンチが最も一般的であるが、近年は可動椅子が備えられた広場も増えている。可動椅子が備わった広場として有名なニューヨークのブライアントパーク



図-1 ブライアントパーク

では、ベンチとは異なる自由度の高さから居心地の良さが作り出され、多くに人々で賑わっている(図-1)。

都市計画やまちづくりを考える上では、こうした広場空間における人々の滞留行動を把握することが重要になっている。従来こうした調査・研究は調査員が直接観察したり(篠崎, 2001; 吉田ら, 2003)、長時間のビデオデータを記録したりする(東川ら(2018))ことによって行われてきたが、人的・時間的コストが高く、日常的な滞留行動の把握や長期間にわたる調査を困難にしていた。こうした従来の手法に対して、近年はセンシング技術や測位システムを活用した滞留行動調査手法の開発が進んでおり、その例としてレーザセンサ、RFID、BLEビーコンなどが活用されている。しかし、都市の広場空間という高層ビルに囲まれた比較的狭小な屋外空間における滞留行動を追跡する技術・手法は十分に検討されていない。

そこで、本研究では、都市の広場空間において可動椅子の利用を追跡することを想定して、RTK-GNSSの精度を検証し実用可能性を検討することを目的とする。RTK-GNSSは衛星電波を十分に受信できる広い屋外空間において誤差数cm程度の測位精度を実現できる技術であり、都市の広場空間における可動椅子の追跡への適用が期待される。

## 2. GNSS固定点の測位精度調査

### 2.1 実験概要

愛知県豊橋市の豊橋駅南口駅前広場(以下南口広場)を対象地として、GNSSの測位精度を調査した。南口広場は高いビルに隣接するが、広場中心部は上空がひらけている。日常的には通勤・通学などで人々が行き交い、待ち合わせをする人々の姿も見られる。また、休日にはイベントが開催され多くの人々で賑わう場所となっている。

GNSSの測位地点は、衛星電波を遮断する建築物や植栽等の障害物に近接する6地点(測点1,2,8,15,16,17)を、障害物のない広場中央部で5地点(測点3,4,5,6,7)を選出し(図-2)、1時間×3回ずつ、計33データを取得した。使用したGNSS受信機はu-blox社の受信モジュールZED-F9Pを使用し、三脚にアンテナを固定して測定を行った。精度の評価はトラバース測量により求めた座標と、GNSS測位により得られた座標とを比較することで行った。

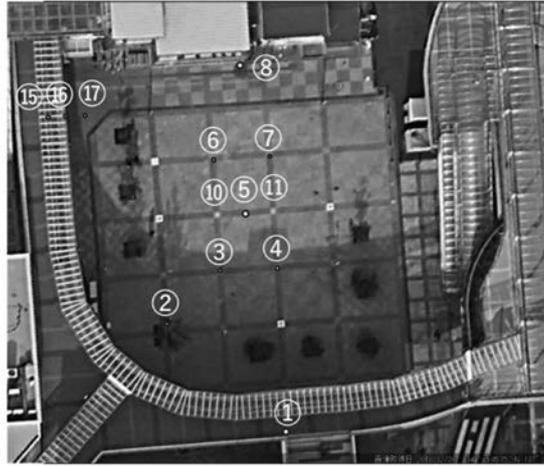


図-2 測位地点

## 2.2 分析手法

周囲の建築物等によって電波が一時的に遮断されることをサイクルスリップと言う。サイクルスリップが多く発生している衛星、つまり電波の遮断が発生しやすい位置にある衛星を分析時に取り除くことによってデータを補正した(図-3)。GNSSデータへの一連の処理はRTKLIBというアプリケーション群を使用した。

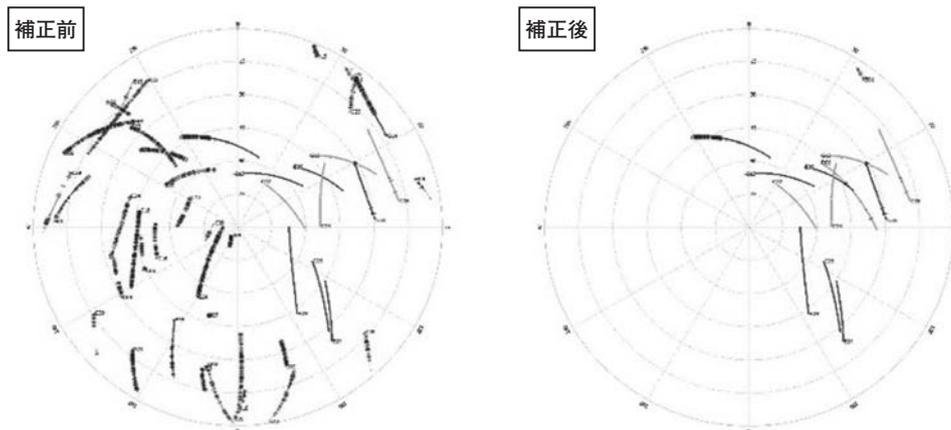


図-3 データの補正(測点16)

RTK-GNSSで得られる座標データにはFIX解とFLOAT解があり、FIX解であればcm単位の誤差に収まるとされている。その解は1点に収束しているはずだが、数mばらつきがある複数の点になってしまうことがあり、これをミスFIXという。表-1、図-4に測点16の補正前後のFIXデータの比較を例示する。補正前は最大で約9.0mの座標の変動があるが、補正後は最大で0.33mにまで収まっている。2DRMSは11.580mから0.139mであり、座標の変動が小さくなっている。

このように、補正によって精度が向上することがあるため、そのほかのデータにおいても補正前後で比較を行い、都市の広場空間におけるGNSS測位の分析手法についても検討を行う。分析においてはミスFIXという外れ値が存在することから中央値を扱う。

表-1 補正前後のFIX解の座標比較(測点16)

測点⑯	補正前FIX解		補正後FIX解	
FIX回数	28		620	
2DRMS(m)	11.580		0.139	
座標値	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
MAX	19800.319	-137246.023	19779.985	-137238.709
MIN	19791.273	-137253.450	19779.652	-137238.899
レンジ	9.046	7.427	0.333	0.190
標準偏差	4.455	3.699	0.066	0.023

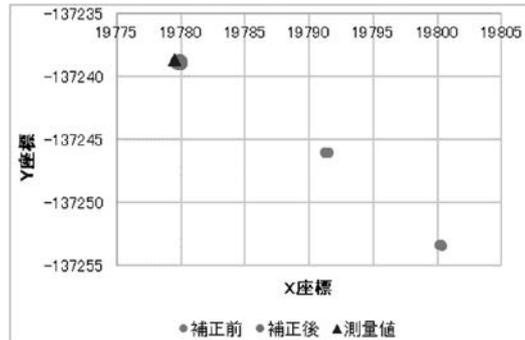


図-4 補正前後のFIX解の座標比較(測点16)

## 2.3 実験結果

### 2.3.1 補正による精度の変化

表-2に補正前後のFIX率をまとめた。FIX率とは、1時間全体の測位回数に対してFIX解を得られた割合である。補正することによりFIX率が10%以上向上していればグレーに、逆に10%以上悪化していれば黒く色付けしている。広場中心部においては補正前の時点で6割が50%以上のFIXを得ることが出来ているが、障害物付近においては50%以上のFIX解は1度も得られず、安定したFIXが困難であることが分かる。全33回の測位のうち、19のデータについては補正によりFIX率が向上し、4つはFIX率が減少した。多くの場合は補正によりFIX解を得る安定性が向上することが分かる。FIX率が大きく減少した4つのデータはどれも障害物近隣の点である。

表-2 補正前後のFIX率

測量点		1回目		2回目		3回目	
		補正前	補正後	補正前	補正後	補正前	補正後
広場中心部	3	96.28%	95.11%	77.63%	93.11%	84.34%	92.98%
	4	84.11%	93.89%	38.53%	69.85%	37.66%	98.03%
	5	56.45%	56.45%	52.81%	92.17%	0.18%	11.29%
	6	45.19%	83.94%	89.14%	98.78%	98.90%	90.36%
	7	4.17%	98.72%	42.87%	98.73%	98.81%	98.22%
障害物近隣	1	1.38%	1.38%	1.30%	0.07%	3.07%	0.07%
	2	11.67%	95.86%	2.14%	31.42%	0.06%	52.61%
	8			37.65%	36.16%		0.03%
	15	0.23%		0.42%	0.64%	7.61%	7.07%
	16	0.78%	9.47%	0.17%	29.34%	1.09%	1.15%
	17	5.51%	0.72%	0.42%		0.17%	27.72%

表-3はFIX解の座標値と測量値との誤差を補正前後で比較した表である。この誤差はXY座標の誤差を合成した直線距離である。広場中心部ではほとんどのデータで誤差に大きな変化がなかった

が、障害物近隣の点においては約半数が精度改善している。広場中心部については障害物が近くないため、衛星を取捨選択しなくとも精度の高い結果を得ることが出来ており、補正による精度向上がみられなかったと考えられる。

補正を行うことによりFIX解を得られるようになったデータが1つある一方で、逆にFIX解が得られなくなったデータが2つある。このように一部、FIX回数や誤差が顕著に悪化しているデータがあり、これは電波の悪い衛星を除くことによって正確な座標推定に必要な衛星数に満たなくなったことによるものと考えられる。

表-3 補正前後の測量値との誤差(XY合成距離)

測量点	1回目		2回目		3回目		
	補正前(m)	補正後(m)	補正前(m)	補正後(m)	補正前(m)	補正後(m)	
広場中心部	3	0.174	0.186	0.191	0.202	0.198	0.196
	4	0.199	0.200	0.189	0.183	0.179	0.170
	5	0.189	0.189	0.174	0.185	1.373	0.508
	6	0.170	0.174	0.179	0.172	0.167	0.111
	7	0.176	0.162	0.176	0.157	0.189	0.180
障害物近隣	1	38.064	38.064	30.793	23.256	14.680	4.805
	2	0.181	0.198	6.328	0.219	6.042	0.173
	8			0.107	0.107		1.656
	15	42.610		27.848	29.489	55.534	48.082
	16	19.706	0.364	21.588	0.205	27.526	2.259
	17	21.369	9.884	10.163		8.865	0.389

表-4にデータ取得を開始してからFIX解を得るまでにかかった時間と補正前後のFIX時間の差をまとめた。FIXまでにかかった時間が5分以下であれば緑に色付けしている。また、補正前後のFIXまでの時間を比較し、1分以上短縮されていれば青色に、1分以上延びていれば赤色に印を付けている。FIX時間が短縮されたのは9データなのに対して、延びたのは12データであり、補正によってFIXにかかる時間が長くなる可能性があると言える。広場中心部はFIX時間が短縮したデータが約半数、延びたデータが2割で、障害物付近は1割が短縮したのに対して約6割はFIX時間が延びていた。ここから障害物付近の測点においてFIXにかかる時間が延びやすい傾向が読み取れる。広場中心部でFIXするまでにかかる時間は最大で20分程度だが、補正後は約9割が5分以内にFIXしており、GNSSのデータ受信を開始してから5分程度時間を置くことで広場中心部において精度の高い測位が可能であると考えられる。

表-4 FIXするまでにかかった時間

測量点	1回目		2回目		3回目		
	補正前	補正後	補正前	補正後	補正前	補正後	
広場中心部	3	0:02:07	0:02:56	0:13:02	0:04:10	0:02:07	0:04:13
	4	0:04:29	0:01:16	0:00:56	0:00:30	0:03:03	0:01:11
	5	0:04:49	0:04:49	0:14:43	0:01:34	0:05:24	0:13:17
	6	0:20:53	0:04:13	0:04:57	0:00:44	0:00:40	0:05:47
	7	0:15:14	0:00:45	0:01:39	0:00:23	0:00:43	0:01:04
障害物近隣	1	0:10:18	0:10:18	0:04:08	0:13:03	0:00:55	0:13:03
	2	0:37:14	0:02:27	0:01:14	0:00:44	0:05:10	0:28:12
	8			0:01:10	0:08:28		0:02:08
	15	0:03:19		0:03:27	0:03:22	0:01:17	0:02:12
	16	0:14:23	0:54:19	0:01:38	0:38:51	0:02:22	0:22:14
	17	0:01:13	0:21:04	0:17:45		0:05:57	0:40:29

以上から、障害物によってアンテナ上部を覆われているような環境では補正によって精度が悪化する場合もあるが、多くは精度改善が見込めることが分かった。

### 2.3.2 GNSS測位の精度

GNSS測位値と測量値を比較したところ、広場中心部の地点ではX座標はおおよそ0.10～0.15m、Y座標は-0.10～-0.15mの誤差が出ており、XY座標ごとの誤差には同様の傾向がみられた。

各測点の補正後のFIX解の中央値と測量値のXY座標ごとの誤差の合成距離(直線距離)を図-5に示す。図-5をみると、GNSSのアンテナ上部が障害物に広く覆われた環境にある測点1や測点15は4m以上、最大で約47mもの誤差が出ており、屋根におおわれた環境下ではGNSSの使用が困難であることが分かる。障害物付近のそのほかの測点においても数m程度の誤差が出ている。障害物付近の測点の中でも、植樹のそばの測点2は精度が良く、広場中心部とほぼ変わらない結果となった。広場中心部の測点3～7と、植樹のそばの測点2は誤差の合成距離が0.2m程度である。一部外れ値があるが、それも0.5m程度と、おおよその滞在位置を知るには十分な精度であると言える。

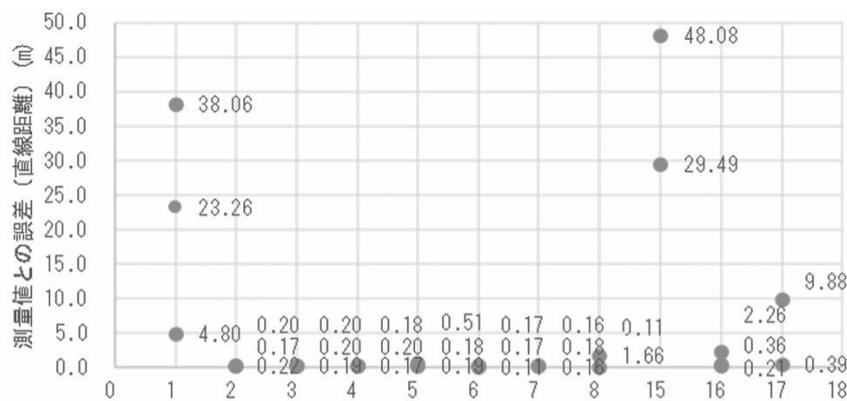


図-5 測点ごとのFIX解のXY合成誤差(補正後)

## 3. GNSS移動体の測位精度調査

### 3.1 実験概要

移動体の精度評価実験においては、固定点の精度評価で良好な結果を得られた南口広場中心部において実験を実施した。椅子にGNSSを装着し、人が着座した状態で座標の推定を行う(図-6)。GNSSは、アンテナ周辺の障害物の影響を大きく受ける。そこで、使用する椅子は形や高さ等の条件が異なる3種類を使用した(図-7)。また、1回目の実験においては、固定点精度評価との単純な比較を行うため、三脚にもGNSSを装着して実施した。本研究における移動体の追跡は、可動椅子がどこに滞在しているのかを追跡することが目的であるため、移動前後の滞在地点、いわゆるODのような追跡調査が出来る事を目標としている。このことから、測量により既知である座標地点を結ぶように移動し、各点に10分滞在、その後また移動するという形で実施した。



図-6 実験の様子



図-7 移動体測位実験に使用した椅子

### 3.2 分析手法

分析に使用したアプリケーションの特性上、移動体データを補正することが困難であるため、本実験では補正を行わないデータを扱う。本研究で使用しているGNSSは1秒に1回データを受信し、座標を推定する。GNSSが移動している時と移動していない時では変化量が異なることから、椅子が移動したかどうかの判定が可能である。図-8に1回目の移動体の測位精度実験で取得した三脚GNSSデータの毎秒ごとの座標変化量ヒストグラムを示す。このデータから、0.4mが閾値であることが読み取れるため、これを基に移動したかどうかの判定を行う。この判定の際に、「移動していない」状態が連続している中に、1データのみ「移動」が挟まれていた場合は、これをミスFIXとみなし、「移動していない」とする操作を行った。またその逆の場合も同様である。また、滞在判定となっても、滞在時間が10秒以下である場合はその判定を誤りであるとして除いている。

実験時はその様子をビデオ撮影し、その動画から椅子の移動時刻を算出し、GNSSのデータから読み取れる移動・滞在時間を比較することで精度を求める。

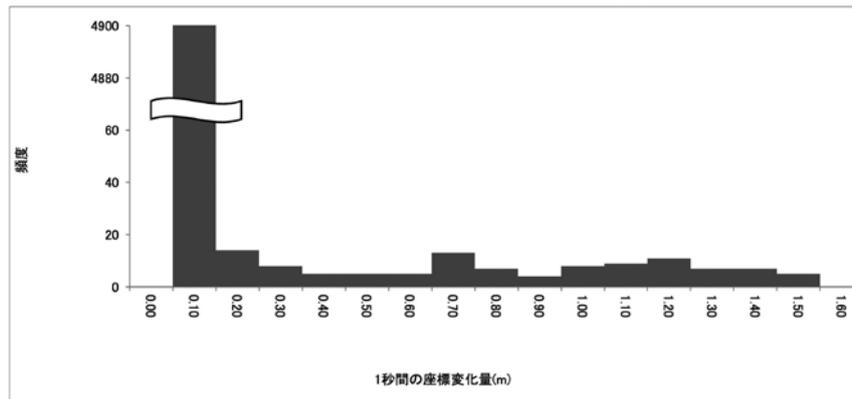


図-8 毎秒の座標変動分布(三脚のFIXデータ)

### 3.3 実験結果

#### 3.3.1 判定時間誤差

ビデオ判定による椅子の移動時間、滞在時間とGNSSのFIXデータから判定した移動時間、滞在時間を比較した。椅子は測点3-7、10、11の7か所(広場中心部)と、測点以外の自由箇所1度、計8か所を基本として移動している。三脚のみ1度移動回数が多く9回となっているが、それ以外は8回の移動で、移動は順不同である。実験は三脚×1、木の椅子×1、折りたたみ椅子×2、屋根付き椅子×1の4種・計5回で行った(表-6、表-7、表-8、表-9)。

まず、三脚のデータを見ると、判定された地点の滞在開始時間、滞在終了時間の誤差はどちらも20秒ほど実時間から遅れている。開始、終了どちらも同様の時間誤差が発生していることから、滞在時間の誤差は多くが±1秒程度となっており、滞在時間はほぼ正確に把握出来ることが分かる。折りたたみ椅子1(以下、折椅子1)のデータは、滞在開始時間は-6~43秒の誤差が発生していて、滞在終了時間は23~33秒の誤差がある。滞在時間誤差は±1分以内の誤差となっている。屋根つき椅子、折りたたみ椅子2(以下、折椅子2)は折椅子1と同様の結果となっている。三脚、折椅子2は誤判定が発生しているが、「10秒以下の滞在判定は除く」という処理によって補正されている。屋根つき椅子と折椅子1は誤判定も無く正確に判定が行えている。誤判定の有無にかかわらず、滞在開始、終了時間の誤差はどちらも20秒程度が多く、滞在時間の誤差は数秒~数十秒程度と小さい。しかし、木の椅子は8回の移動に対して移動判定は3回で、データに空白の時間がある。木の椅子は座面が低く、背もたれもないため、GNSSのアンテナが低い位置にしか取り付けられない形状となっている。これにより、着座者が障害物となって衛星電波を十分に取得できずにFIX解が得られなかったと考えられる。折椅子1、2、屋根つき椅子の3つは2回目以降の移動時の誤差が20秒程度だが、最初の移動時の滞在開始時間誤差のみ1分近くと、やや大きく誤差が出ている。本研究で使用しているキネマティック測位は測位開始直後は精度が悪く、2章でも述べた通り安定するまでに数分~数十分必要となる。これが要因となって最初の移動時のみ誤差が大きくなっていると考えられる。誤判定により実移動よりも判定移動回数が多くなってしまうことがあるが、今回のような「判定滞在時間が10秒以下である場合は誤判定とみなして除く」という処理を行うことで誤判定を取り除くことが可能である。

表-5 判定時間誤差(折りたたみ椅子1)

移動順	開始時間誤差	終了時間誤差	滞在時間誤差
1	0.00.43	0.00.23	-0.00.20
2	0.00.22	0.00.23	0.00.01
3	0.00.19	0.00.25	0.00.06
4	0.00.22	0.00.24	0.00.02
5	0.00.21	0.00.24	0.00.03
6	0.00.21	0.00.22	0.00.01
7	0.00.22	0.00.23	0.00.01
8	-0.00.06	0.00.33	0.00.39

表-6 判定時間誤差(折りたたみ椅子2)

移動順	開始時間誤差	終了時間誤差	滞在時間誤差
1	0.01.01	0.00.19	-0.00.42
2	0.00.19	0.00.20	0.00.01
3	0.00.18	0.00.19	0.00.01
4	0.00.18	0.00.19	0.00.01
5	0.00.18	0.00.19	0.00.01
6	0.00.17	0.00.20	0.00.03
7	0.00.18	0.00.19	0.00.01
8	0.00.17	0.00.19	0.00.02

表-7 判定時間誤差(木の椅子)

移動順	開始時間誤差	終了時間誤差	滞在時間誤差
1	0.00.53	0.00.20	-0.00.33
2	0.00.18	0.00.20	0.00.02
3	0.00.17	0.00.20	0.00.03
4	0.00.27	0.00.19	-0.00.08
5	0.00.17	0.00.19	0.00.02
6	0.00.17	0.00.19	0.00.02
7	0.00.18	0.00.19	0.00.01
8	0.00.18	-0.00.01	-0.00.19

表-8 判定時間誤差(屋根付きの椅子)

移動順	ビデオ判定			GNSSデータ判定				
	滞在測点 時間a	滞在終了 時間b	滞在時間c (b-a)	移動判定 No.	滞在開始 時間d	滞在終了 時間e	滞在時間 f(e-d)	
1	11	4 20 37	4 33 07	0:12:35				
2	10	4 33:17	4 43:16	0:09:59				
3	3	4 43:25	4 53:10	0:09:45				
4	7	4 53:22	5 03:04	0:09:42				
5	6	5 03:11	5:13:35	0:10:24				
6	5	5:13:47	5:23:30	0:09:43	1	5:13:01	5:23:54	0:10:53
7	4	5:23:37	5:33:18	0:09:41	2	5:24:00	5:33:40	0:09:40
8	自由箇所	5:33:32	5:45:18	0:11:46	3	5:33:54	5:45:39	0:11:45

### 3.3.2 判定滞在地点の座標誤差

三脚の座標は、誤判定を除けばX座標が+0.12~0.16m、Y座標が-0.12~ -0.16m程度の誤差が出ており、これは固定点精度評価の際と同様の傾向である。折椅子1、2、屋根つき椅子はそれぞれの傾向が異なる。折りたたみ椅子1はX座標の誤差が-0.2m前後、Y座標は-0.02~ -0.15mほどで、折りたたみ椅子2はX座標が-0.20~+0.50m、Y座標が-0.50~+0.17m程度、屋根付きの椅子はX座標が-0.01~ +0.22m、Y座標が-0.20~-0.32mほどとなっている。このように固定点精度評価を行った際と誤差の傾向が異なる理由は、GNSSのアンテナ位置の違いによるものと考えられる。椅子に取り付けたアンテナ位置は椅子の中心位置からずれており、これが今回の誤差要因であると考えられる。しかし、このような誤差があっても、誤差の合成距離は最大でも0.5m程度であり、滞在位置を把握するには十分な精度であると言える。図-9に木の椅子と折椅子1の測位軌跡を例示する。木の椅子はFIXデータが得られず、途切れているが、折椅子1はおおよそ正確に追跡できていることが視覚的にも分かる。

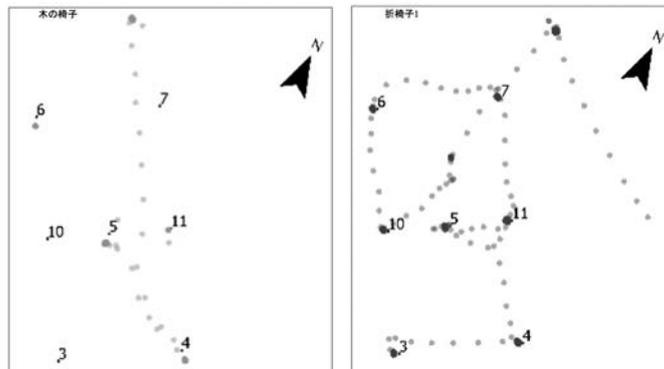


図-9 GNSS測位軌跡

#### 4. まとめ・考察

本研究は都市の広場空間における新たな滞留行動調査手法として、可動椅子の移動を追跡することに着目し、それを実現するための技術としてGNSSの精度評価を行った。GNSSは測量にも用いられるほど高い精度を誇る技術だが、高層ビルに囲まれた都市の広場空間における適用可能性は不明である。そのため実験を行うことで使用可能な環境や条件を検証した。実験で明らかになったことを以下に整理する。

##### (1) GNSS固定点の測位精度

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ことが分かった。XY座標ごとの誤差には同様の傾向があり、X座標はおおよそ0.10～0.15m、Y座標は-0.10～-0.15mの誤差が出る。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ことが分かった。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。

##### (2) GNSS移動体の測位精度

可動椅子にGNSSを取り付け、それを移動させる実験では、どのような形状の椅子であればGNSSの精度を落とさずに利用可能なのか、移動追跡ではどの程度の誤差が出るのか、ということを確認した。GNSSの精度を確保しつつ利用可能な椅子は、着座者の肩以上の高さにアンテナを取り付けられるものであることが分かった。滞在開始、終了時間に椅子が実際に移動した時刻と、GNSSデータ上で移動したと判断される時刻には20秒程度の遅れが生じるが、椅子を「動かした時間」と「置いた時間」は同様に20秒程度のずれが生じるため、一か所にとどまっていたと判定される滞在時間の誤差は数秒程度と小さい。GNSSの測位座標の誤差(合成距離)は0.2～0.5mほどで、可動椅子の位置把握としては十分であると言える。また、GNSSデータの判定では実際の移動回数よりも多く移動したと判定されることがあったが、このような場合には「判定滞在時間が10秒以下であった場合は誤判定とみなし、滞在時間として扱わない」という処理を行えば、誤判定を取り除くことが可能である。

以上より、都市の広場空間において上空に遮るものがなく、また、大きすぎない植樹のそば程度であればGNSSにより可動椅子の移動を追跡できる可能性が示された。また、可動椅子にGNSSを装着する際には、着座者の肩以上の高さにアンテナが位置していれば十分に測位が可能であることが分かった。

本研究では豊橋駅の南口駅前広場において実験を実施したが、異なる環境下にある都市の広場空間においても実験を重ねることでGNSSの利用可能な環境や条件についての知見を得ていく必要がある。また、椅子が移動しているか、移動していないのか、という点はGNSSの利用によって把握することが可能であることが分かったが、実際にその椅子に人が着座しているのかどうかという点はGNSSでは把握することが出来ないため、圧力センサを着座面に使用することで、移動の追跡と着座有無の判断を同時に可能にする可動椅子を検討していくことなどが考えられる。

#### 参考文献

- 1) 武田重昭: パブリックスペースとパブリックライフの呼応: シビックプライドを育むための都市へのアプローチ. 都市計画, 64巻5号, pp.68-71, 2015

- 2) 戒田純也, 佐久間康富: 公園利用者の滞留行動特性と滞留行動の発生要因に関する研究—大阪市長居公園を事例に—, 日本都市計画学会都市計画報告集, No.19, pp529-533, 2021
- 3) 服部美樹, 松尾薫, 武田重昭, 加我宏之: 都市広場における着座設備の導入が滞留者の交流行動に与える影響—尼崎中央公園での社会実験を通じて—. 日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集, 18巻, pp.5-8, 2020
- 4) 篠崎高志: 都市の屋外公共空間における滞留行動に対する人的要素の影響に関する研究. ランドスケープ研究, 65巻5号, pp.701-706, 2001
- 5) 吉田圭一, 上野淳, 登張絵夢: モール状都市オープンスペースにおける線状着座滞在とその相互距離に関する考察—新宿サザンテラスにおけるケーススタディ—. 日本建築学会計画系論文集, Vol.68, No.574, pp.47-54, 2003
- 6) 東川祐樹, 松村暢彦, 片岡由香: まちなか広場における交流行動者間構造に関する研究—松山市「みんなのひろば」をケーススタディとして—. 日本都市計画学会都市計画論文集, Vol.53, No.3, pp349-356, 2018
- 7) 金子弘幸, 大佛俊泰: レーザセンサによる行動モニタリングデータを用いたオフィスワークの着座状態と交流状態の推定, 日本建築学会環境系論文集, Vol.79, No.706, pp.1083-1092, 2014
- 8) 遠田敦, 林田和人, 渡辺仁史: スリッパ型RFIDによる歩行行動追跡. 日本建築学会計画系論文集, Vol.73, No.630, pp.1847-1852, 2008
- 9) Cheang Kim, Mitsui Hiroko, Yuka Mizuno, Haruka Ono: Measuring the RTK GNSS Accuracy in Public Space: The Proposals of RTK's Applications for Urban Design. Proceedings of the 17th Conference of Asian and African City Planning, 17, pp.65-73, 2022