



Pocket-SDRを利用したGNSS測位 (2G08)

尾関 友啓 久保信明

東京海洋大学 情報通信工学研究室

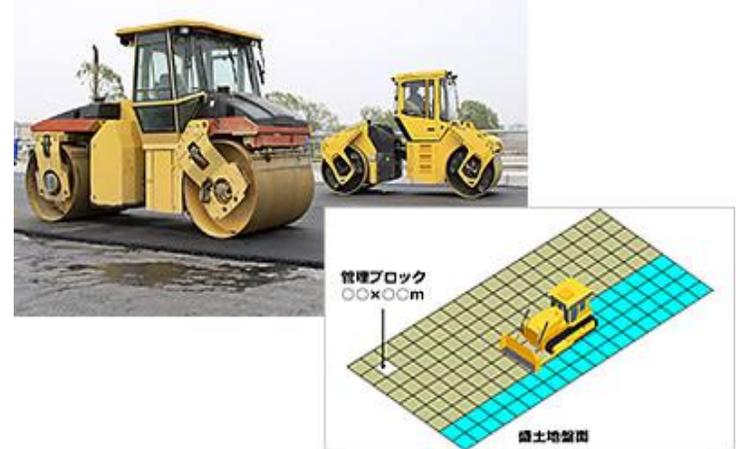
2023/10/18

Background(GNSS Usage)

ITS



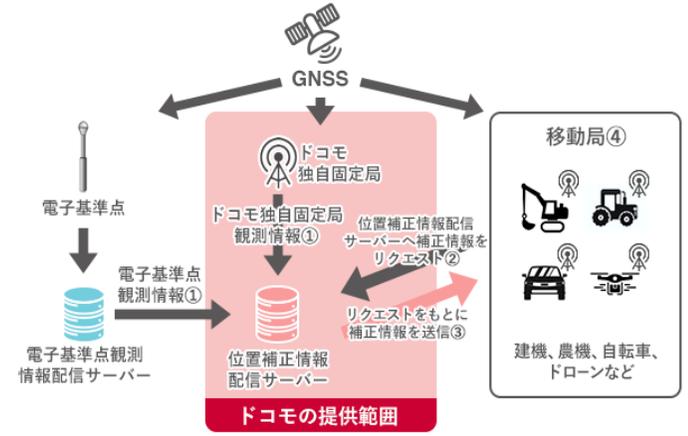
Auto construction



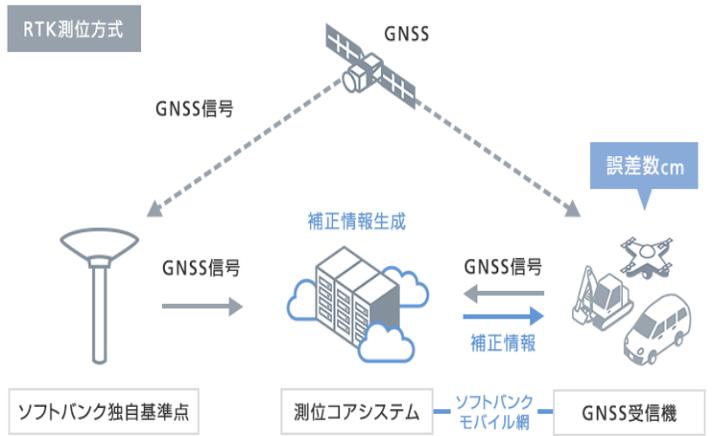
UAV



Correction data Services(JAPAN)

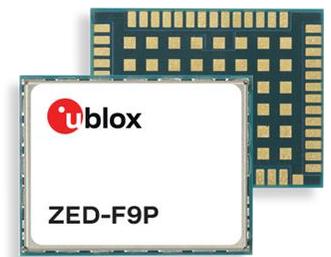


docomo

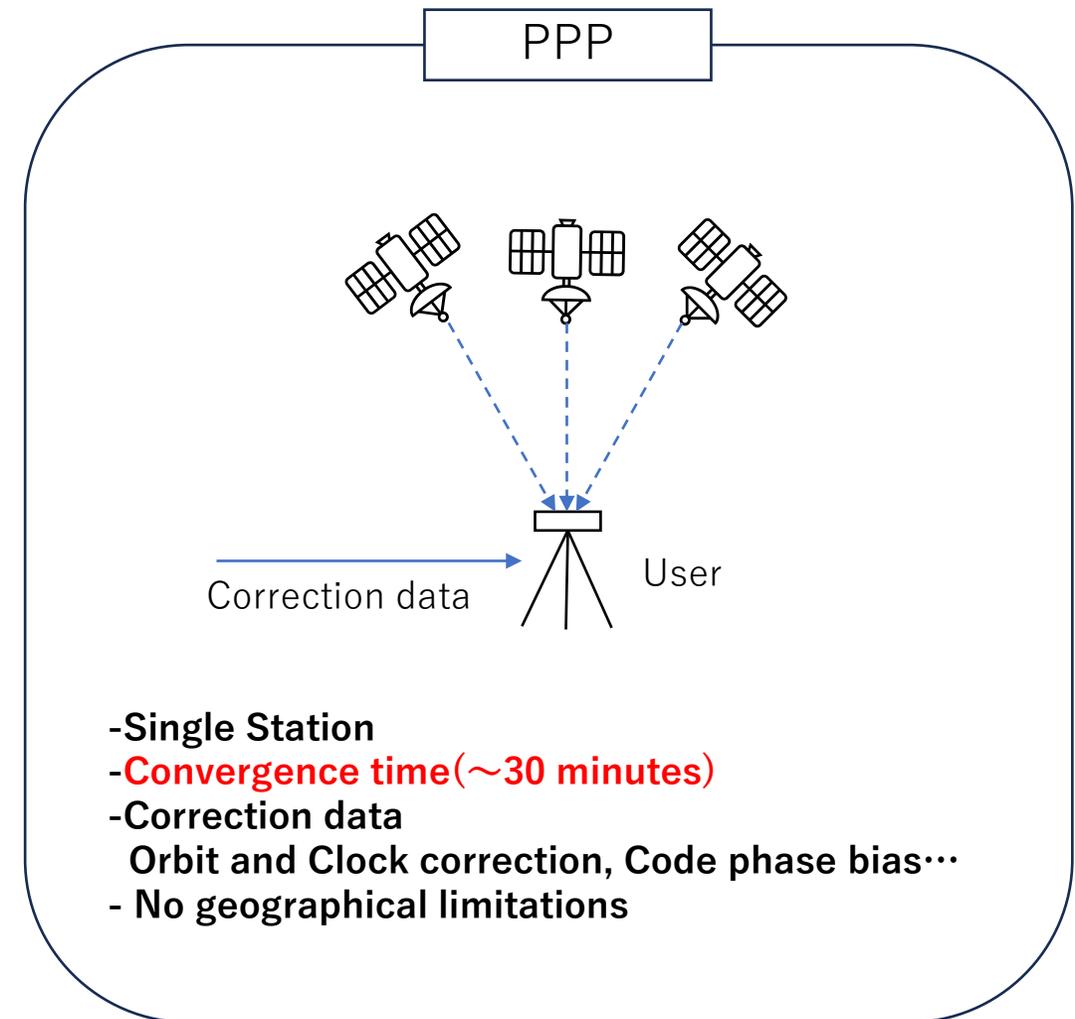
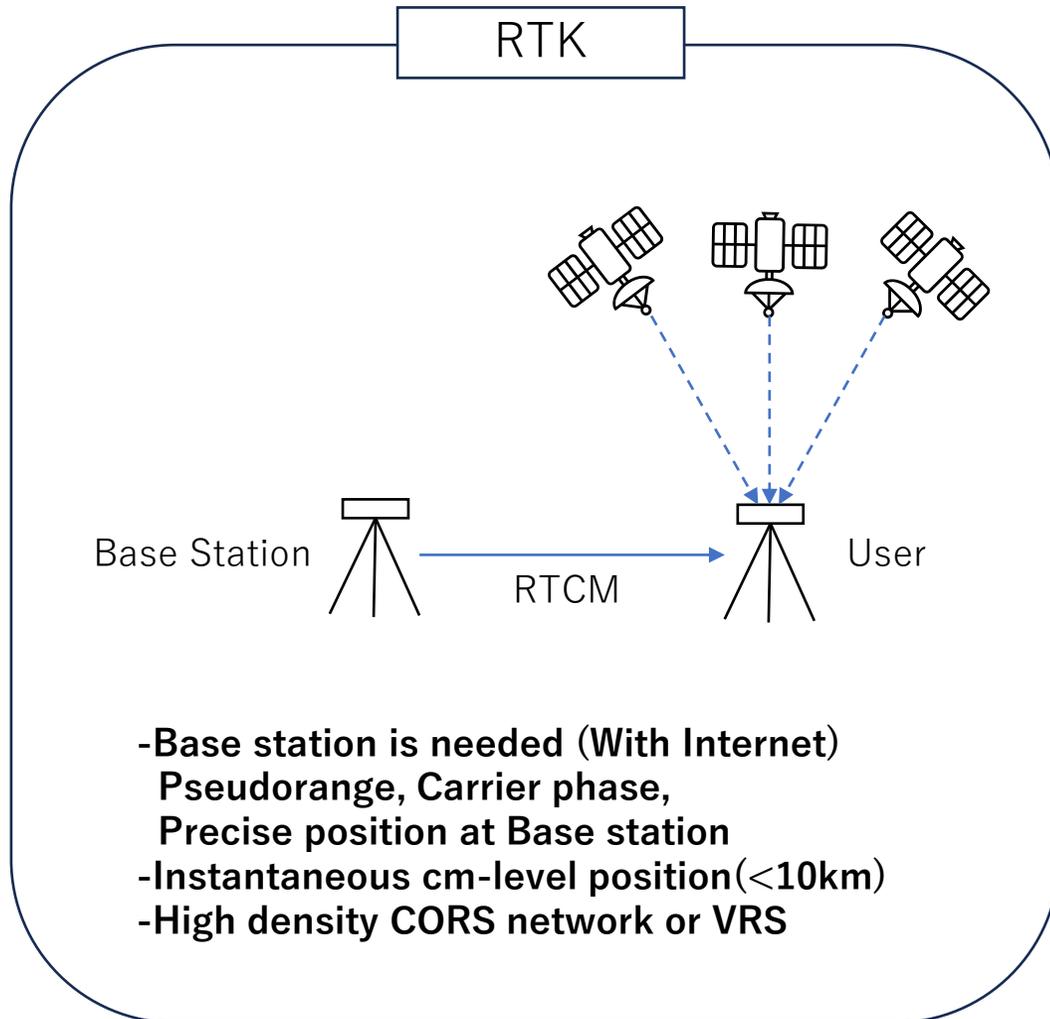


Softbank

Low cost receiver

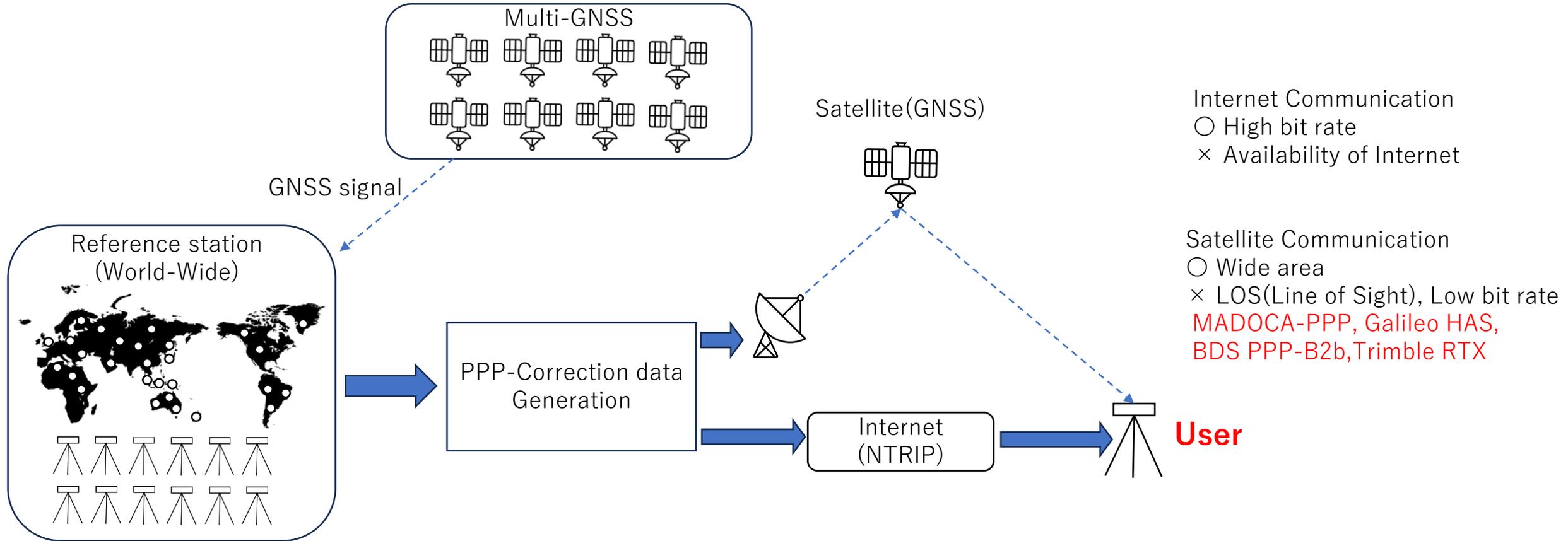


PPP VS RTK (Real-time processing)



収束時間の短縮は重要研究テーマ(GPS→GNSS, Triple Frequency-PPP, PPP-AR)
そもそも補正情報が手に入らないと収束しない!!

Correction data(via Satellite)

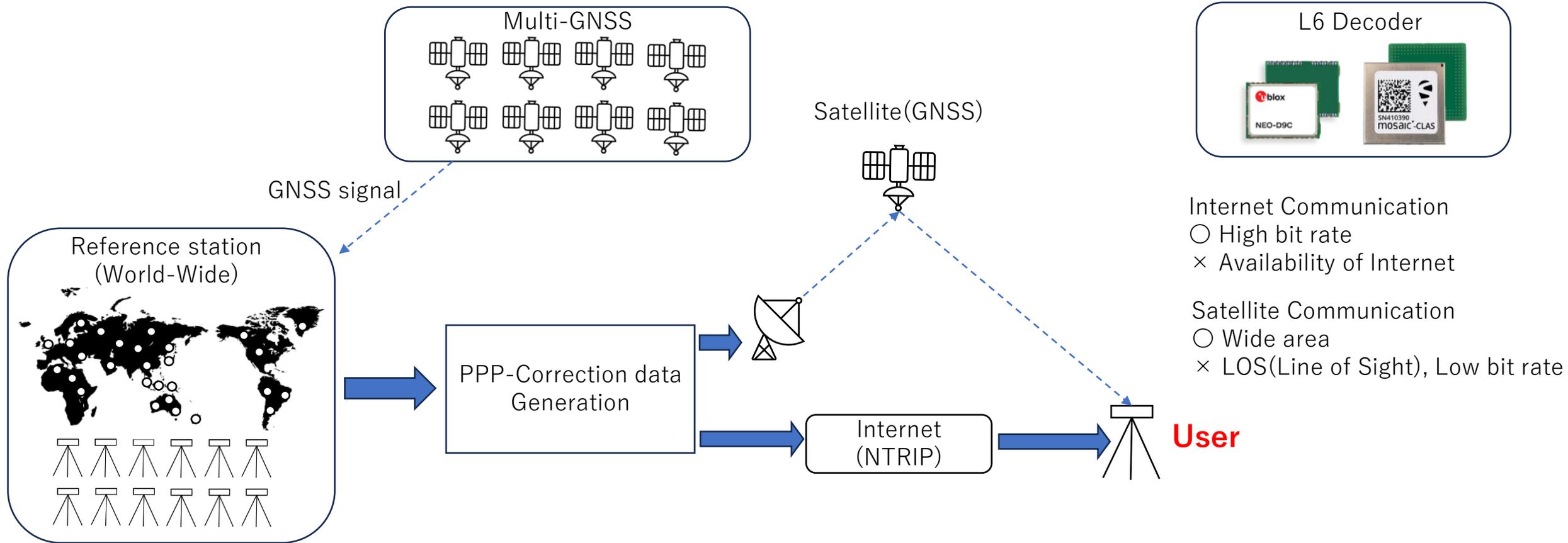


インターネット配信：高速通信が可能でインターネットが繋がれば基本的には補正情報は○
ただしインターネットの接続が必須

衛星経由配信：広範囲で補正情報が取得可能だが、低レート&補正情報配信衛星がLOSであることが必須

都市部移動体を考えたときに、衛星経由配信での補正情報取得率(アベイラビリティ)が不明

Correction data(via Satellite)



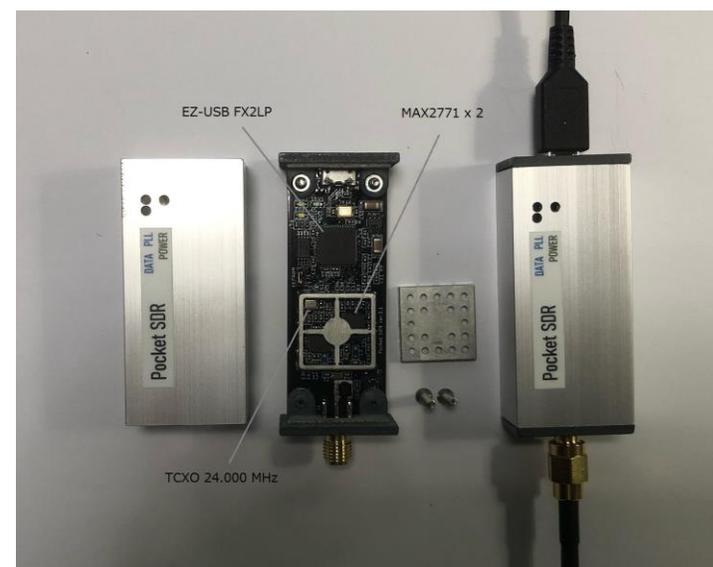
D9C : L2Cをパイロット信号としてL6を2機分受信、
F9Pからのアシストがある場合だと数秒でL6を捕捉できるが、単独では30秒程度で捕捉
Mosaic-CLAS : L6を1機分追尾、L6は数秒で捕捉できる(L1C/Aからのアシスト)

市販されているL6受信可能な受信機は多くはなく、そもそもL6に関する研究が盛んではない
→そこでGNSS-SDRを利用して、L6E(D)信号の航法メッセージをデコードする

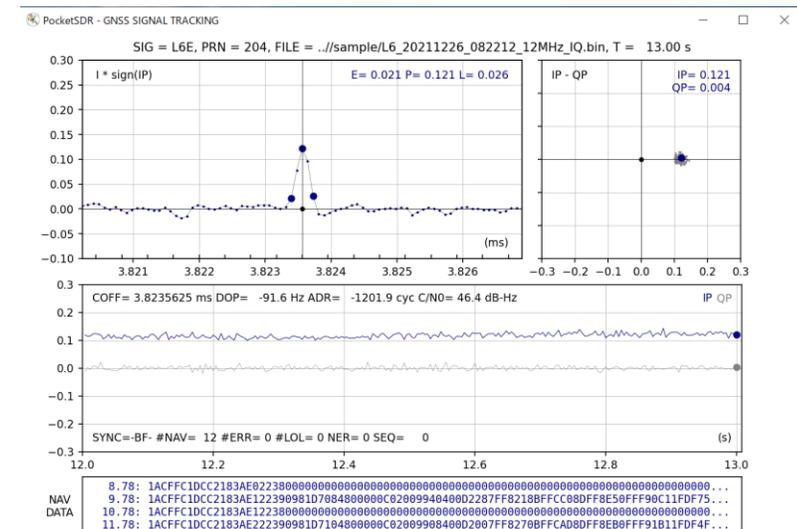
- The RF front-end device have 2-CH Maxim MAX2771 GNSS RF front-end.
 CH1 : GNSS L1 band (1525–1610 MHz)
 CH2 : GNSS L2/L5/L6 band (1160–1290 MHz)
 TCXO : 24.000 MHz
 Sampling frequency : < 24 MHz(今回は12MHz)

※<https://github.com/tomojitakasu/PocketSDR>

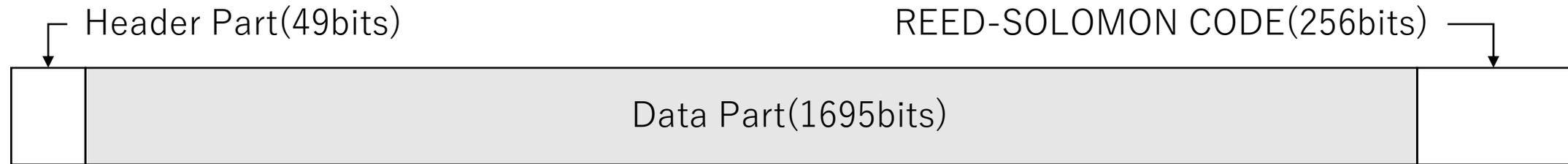
-Software attached with Pocket-SDR is written in Python 3,
 Analysis IF Data, Acquisition, Tracking, Navigation Data Decoding.



GPS	L1C/A,L1C,L2C,L5
QZSS	L1C/A,L1C/B,L1S,L1C,L2C, L5,L5S,L6D,L6E
GALIELO	E1B/C, E5a, E5b, E6B,E6C
BDS	B1I, B1C, B2I, B2a, B2b, B3I
GLONASS	L1C/A, L2C/A, L30C
NavIC	L5-SPS
SBAS	L1C/A, L5



L6E Navigation Message



-2000bits(2kbps)

Header Part(49bits)+Data part(1695bits)+ REED-SOLOMON CODE(256bits)=2000bits

-Using code shift keying (CSK) modulation

-Reed-Solomon error correction

-All QZSS satellites transmit L6 Message(J02,J03,J04,J07)

Message content & Interval

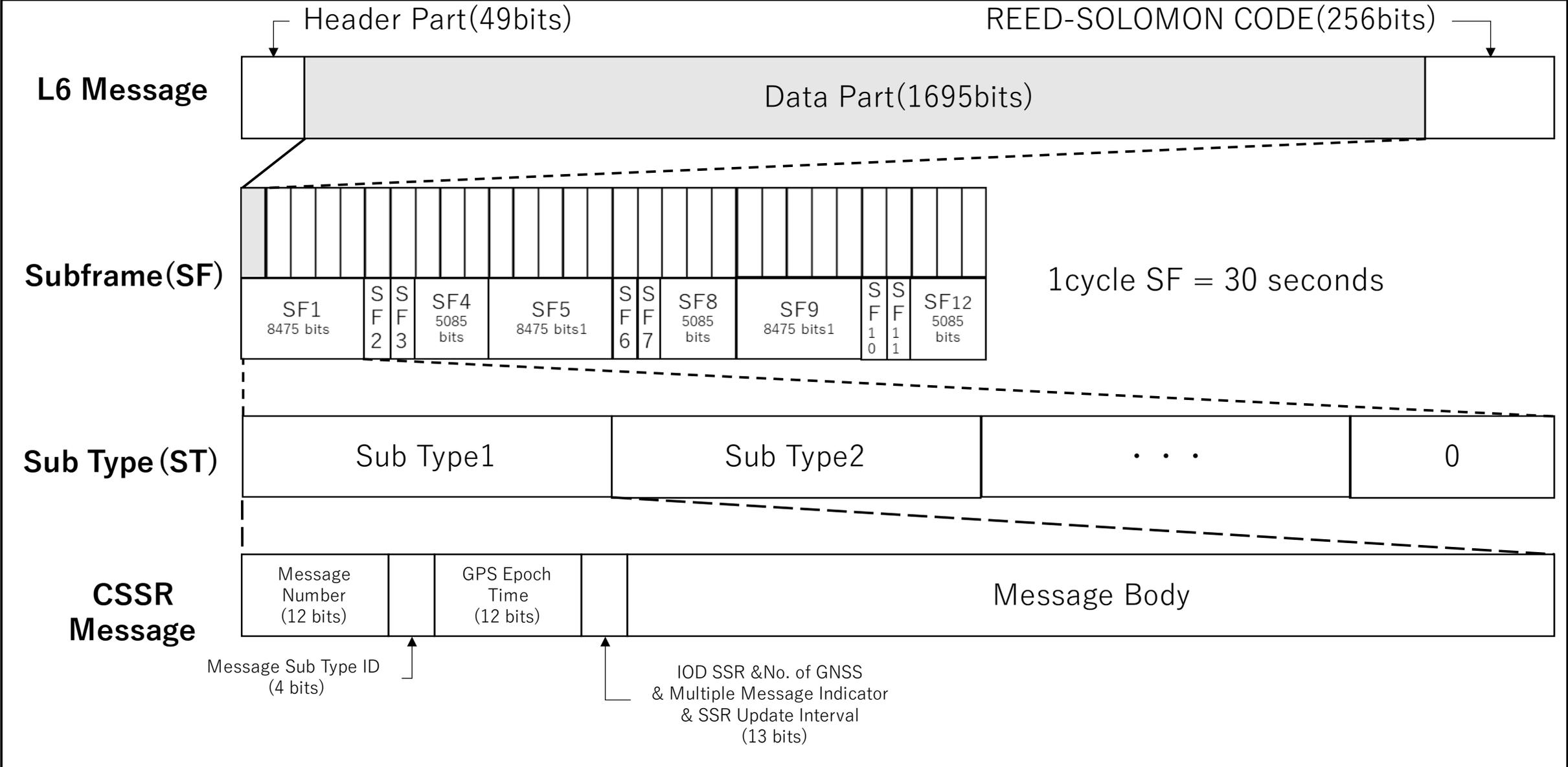
Message Name	Nominal Update Interval [s]
SSR MASK	30
GNSS Orbit Correction	30
GNSS Clcok Correction	5
GNSS Satellite Code Bias	30
GNSS Satellite Phase Bias	30
GNSS URA	30

Table 4.2.2-3 Nominal Validity Period

Message Name	Message Type ID, Sub Type ID	Nominal Validity Period [s]
Compact SSR Mask	MT4073,1	(*1)
Compact SSR GNSS Orbit Correction	MT4073,2	60
Compact SSR GNSS Clock Correction	MT4073,3	10
Compact SSR GNSS Satellite Code Bias	MT4073,4	60
Compact SSR GNSS Satellite Phase Bias	MT4073,5	60
Compact SSR GNSS URA	MT4073,7	60
Null Message	(N/A)	(N/A)

(*1) Validity interval of Compact SSR Mask is described in 4.2.2.2 .

MADOCA-PPP(Compact SSR)



- ST1 : SSR Mask
- ST2 : Orbit Correction Message
- ST3 : Clock Correction Message
- ST4 : Code Bias Message
- ST5 : Phase Bias Message
- ST7 : URA Message

} **SUBFRAME1**

	1 second		5 seconds		
0~4s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
5~9s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
10~14s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
15~19s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
20~24s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
25~29s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP

Figure 4.1.1-2 Service assignment for the L6E message

SSR Mask : 指定された衛星のみ補強対象(30秒に1回)
 (ST1がデコードできていない場合、次のST1までの航法メッセージは**デコード不可**)
 Orbit Correction : SSR Maskで指定された衛星のOrbit Correction Message(30秒に1回)

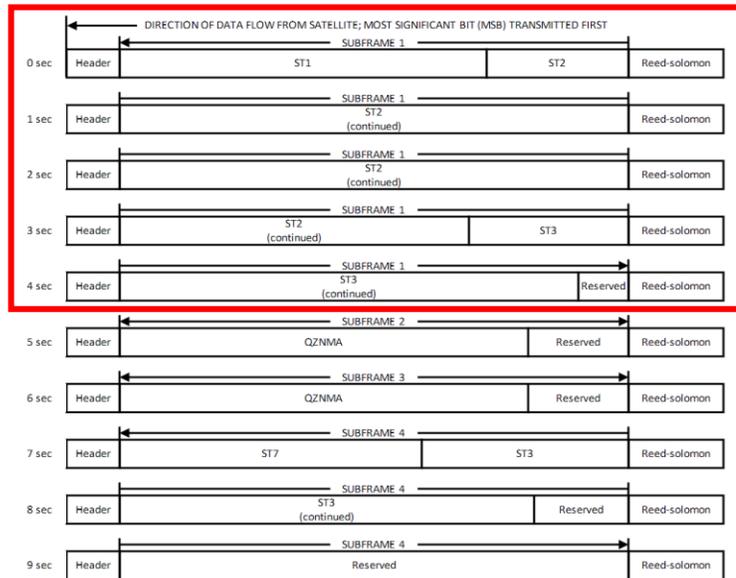


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal)

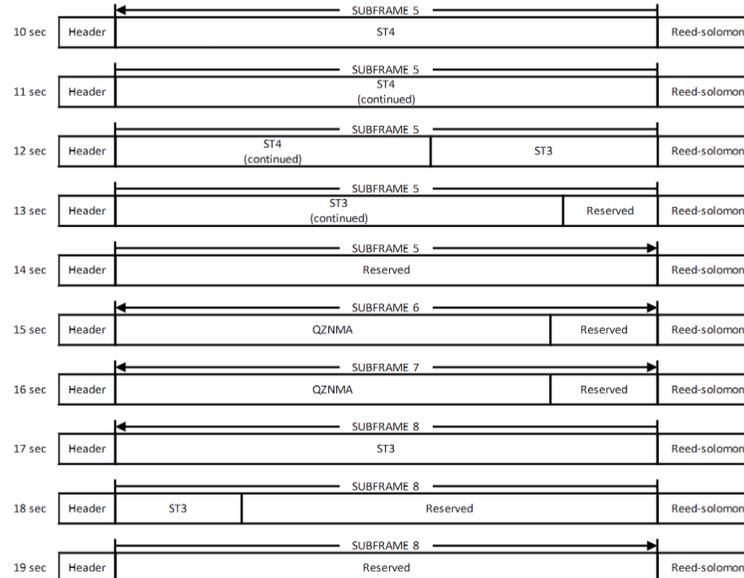


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

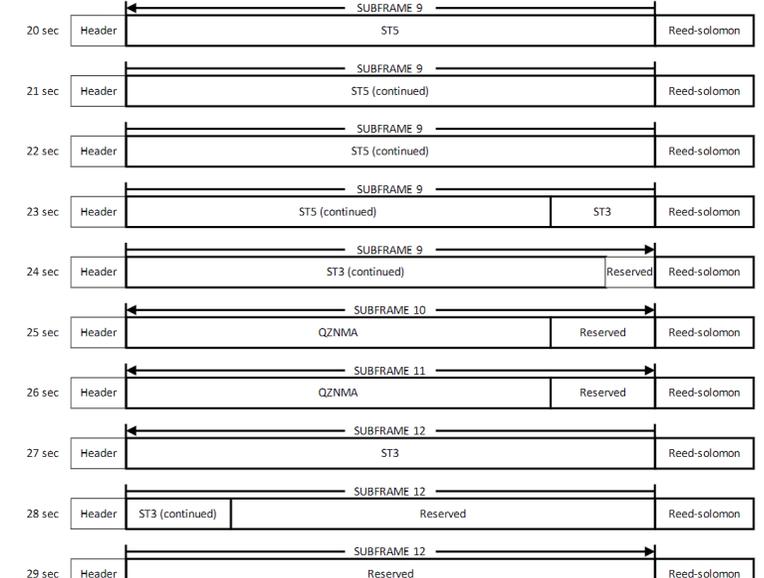


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

- ST1 : SSR Mask
- ST2 : Orbit Correction Message
- ST3 : Clock Correction Message
- ST4 : Code Bias Message
- ST5 : Phase Bias Message
- ST7 : URA Message

SUBFRAME1

	1 second		5 seconds		
0~4s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
5~9s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
10~14s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
15~19s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
20~24s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
25~29s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP

Figure 4.1.1-2 Service assignment for the L6E message

Clock Correction : SSR Maskで指定された衛星のClock Correction Message(5秒に1回)
SUBFRAME1,4,5,8,9,12で補強

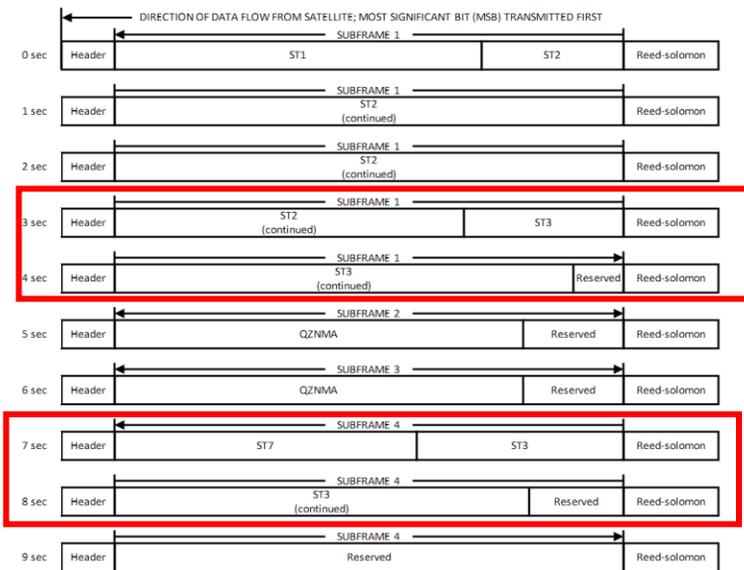


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal)

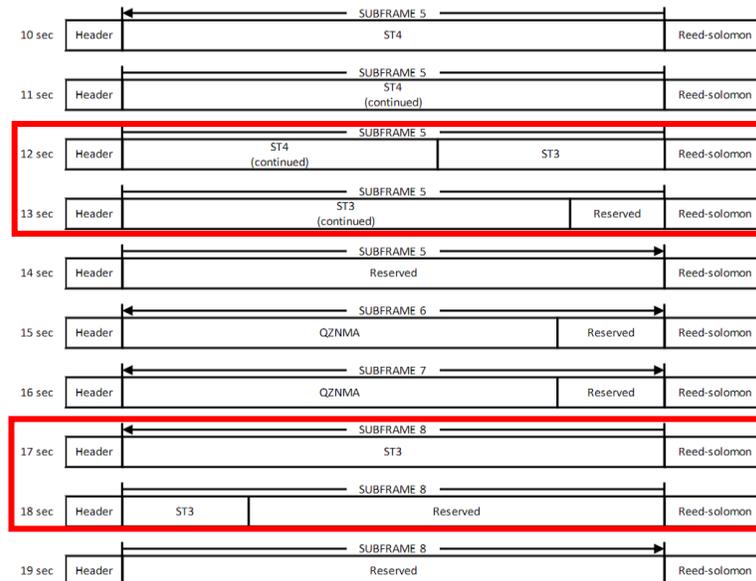


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

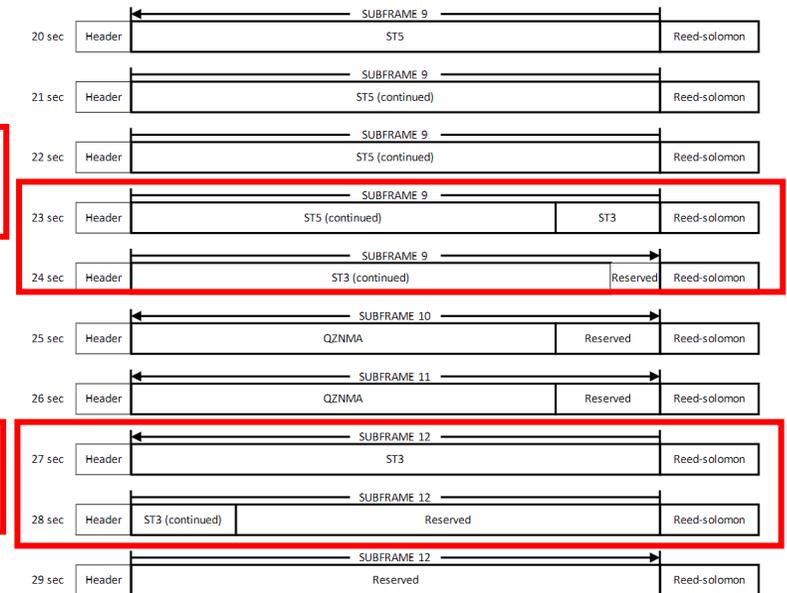


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

- ST1 : SSR Mask
- ST2 : Orbit Correction Message
- ST3 : Clock Correction Message
- ST4 : Code Bias Message
- ST5 : Phase Bias Message
- ST7 : URA Message

	5 seconds				
	1 second				
0~4s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
5~9s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
10~14s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
15~19s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
20~24s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
25~29s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP

Figure 4.1.1-2 Service assignment for the L6E message

URA : SSR Maskで指定された衛星のURA(30秒に1回)
SUBFRAME4で補強

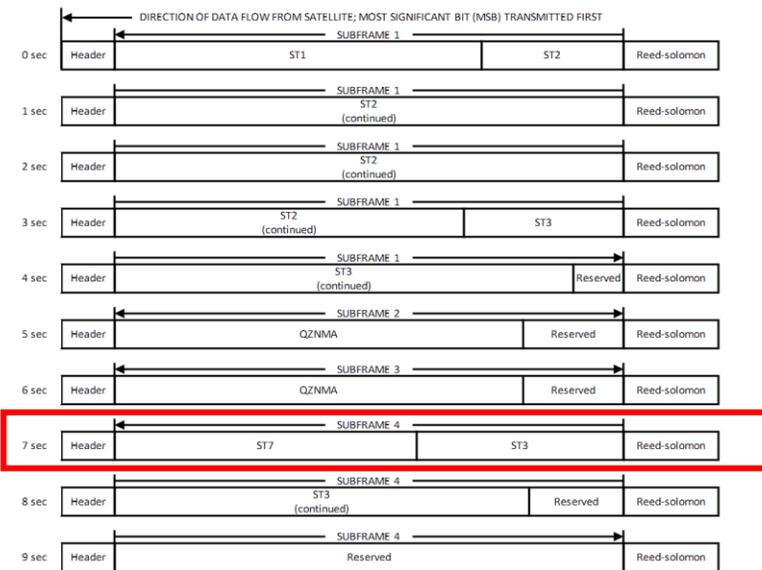


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal)

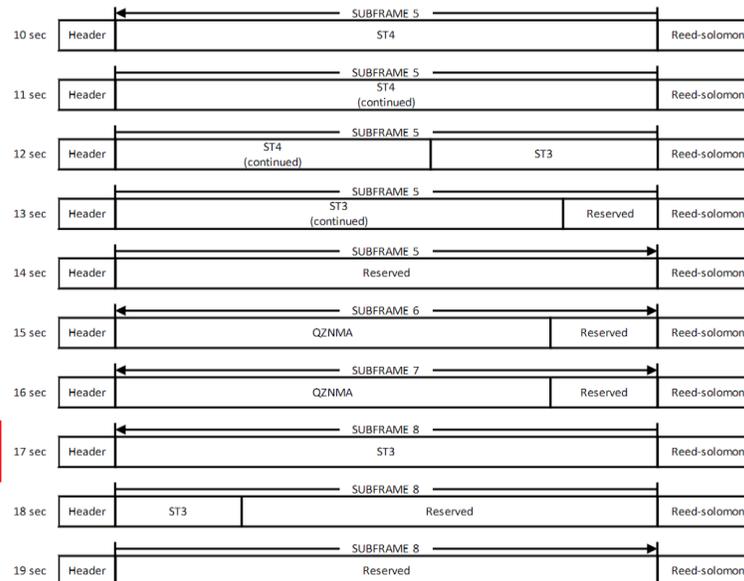


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

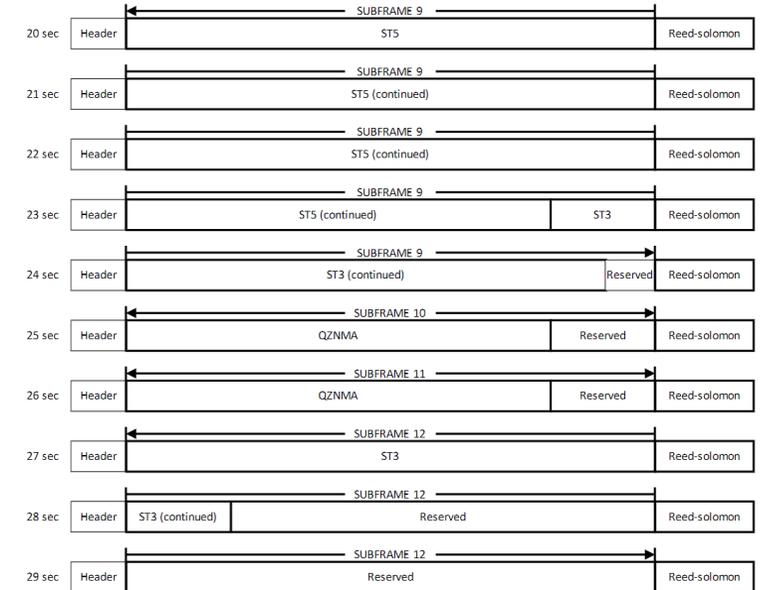


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

- ST1 : SSR Mask
- ST2 : Orbit Correction Message
- ST3 : Clock Correction Message
- ST4 : Code Bias Message
- ST5 : Phase Bias Message
- ST7 : URA Message

	5 seconds				
	1 second				
0~4s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
5~9s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
10~14s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
15~19s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
20~24s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
25~29s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP

Figure 4.1.1-2 Service assignment for the L6E message

Code Bias : SSR Maskで指定された衛星のCode Bias Message(30秒に1回)
SUBFRAME5で補強

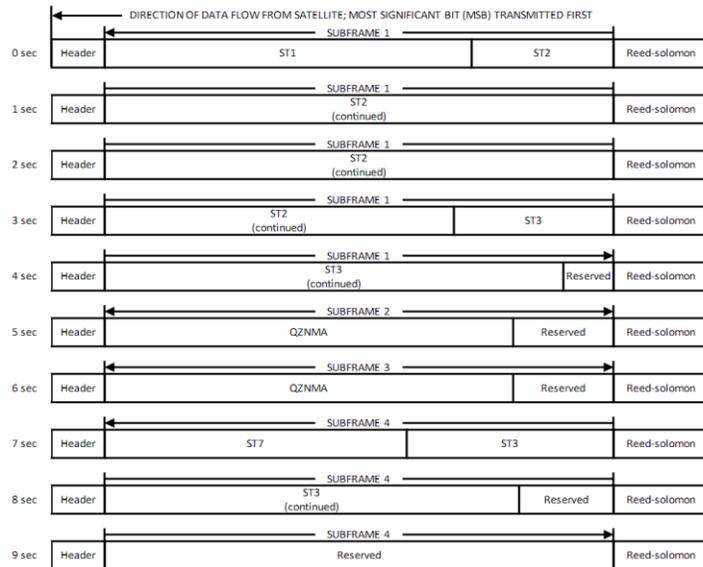


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal)

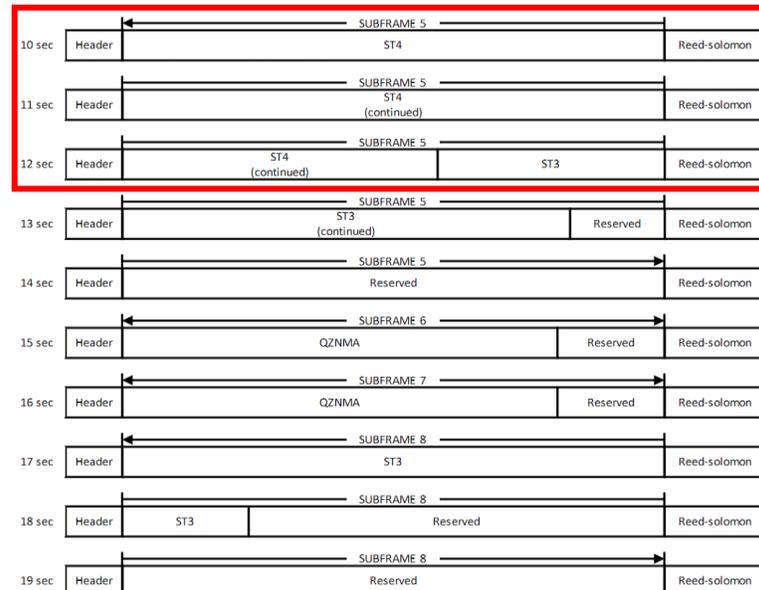


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

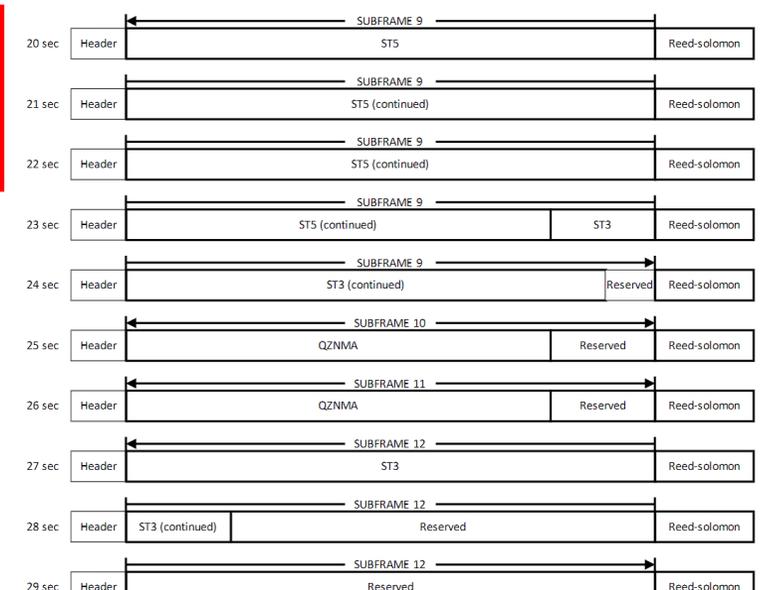


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

- ST1 : SSR Mask
- ST2 : Orbit Correction Message
- ST3 : Clock Correction Message
- ST4 : Code Bias Message
- ST5 : Phase Bias Message
- ST7 : URA Message

	1 second		5 seconds		
0~4s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
5~9s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
10~14s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
15~19s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
20~24s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
25~29s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP

Figure 4.1.1-2 Service assignment for the L6E message

Phase Bias : SSR Maskで指定された衛星のCode Bias Message(30秒に1回)
SUBFRAME9で補強

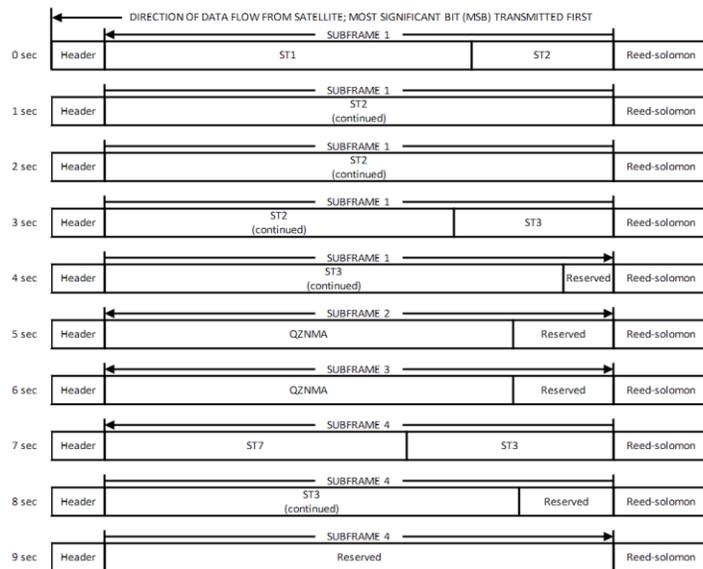


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal)

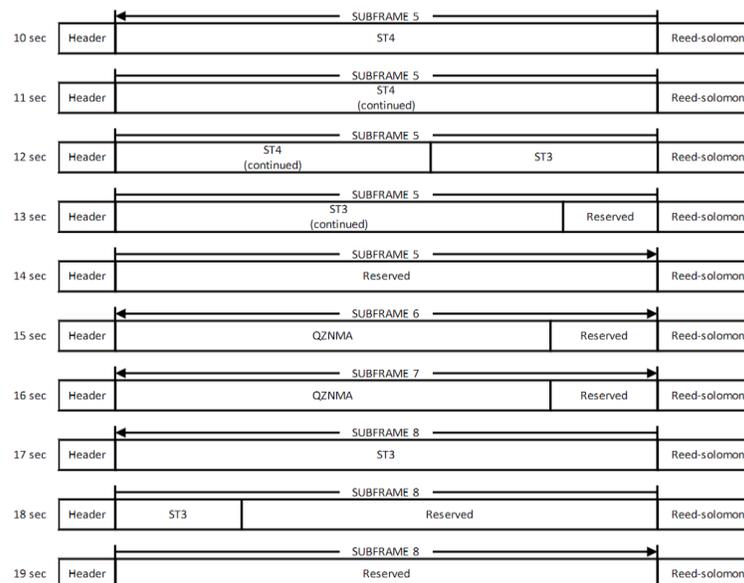


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

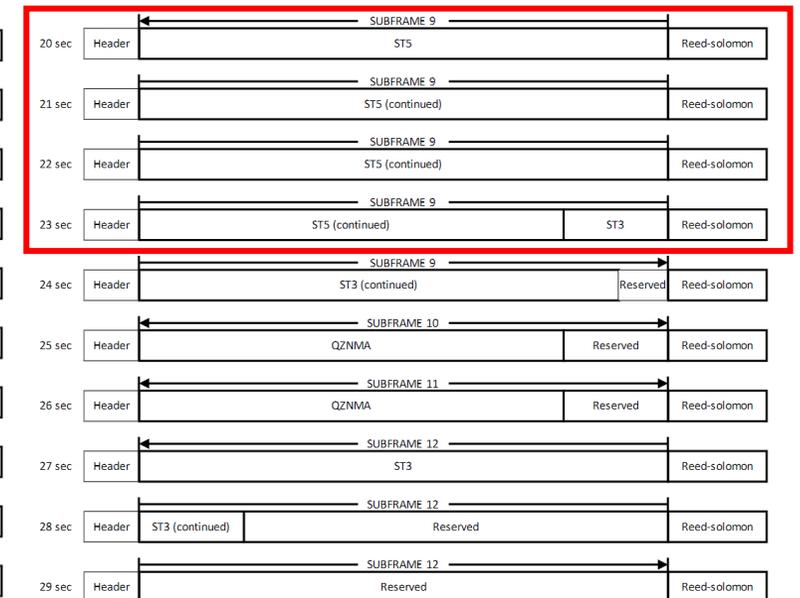


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

- ST1 : SSR Mask
- ST2 : Orbit Correction Message
- ST3 : Clock Correction Message
- ST4 : Code Bias Message
- ST5 : Phase Bias Message
- ST7 : URA Message

	5 seconds				
	1 second				
0~4s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
5~9s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
10~14s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
15~19s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
20~24s	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP
25~29s	QZNMA	QZNMA	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP	MADDOCA-PPP

Figure 4.1.1-2 Service assignment for the L6E message

30秒中21秒はデコードしないとイケない (MADDOCA-PPPの場合)
 ただし1~2秒で再追尾する状況は考えにくいいため、連続的なデコードが必要

MADDOCA-PPP/CLASはSSR Mask(SUBFRAME1)を初めてデコードしてから測位開始できる
 仮に1secからデコードできた場合、28秒+5秒=33秒後に測位が開始される

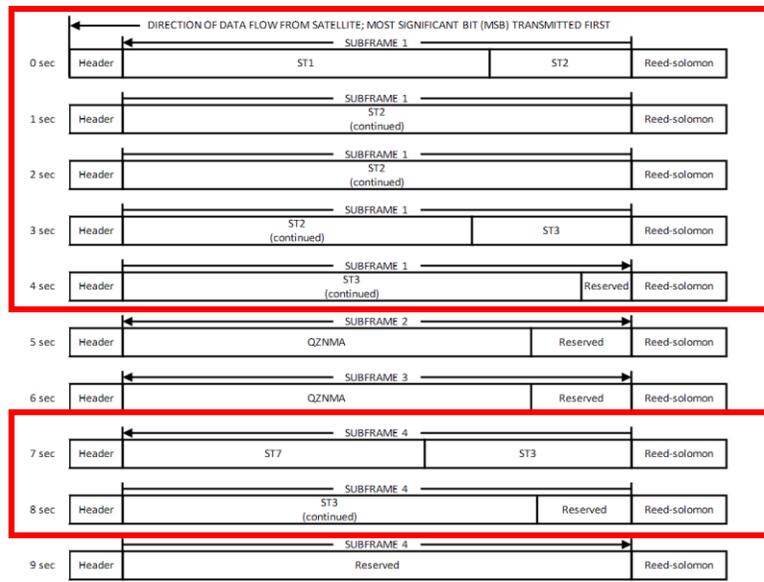


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal)

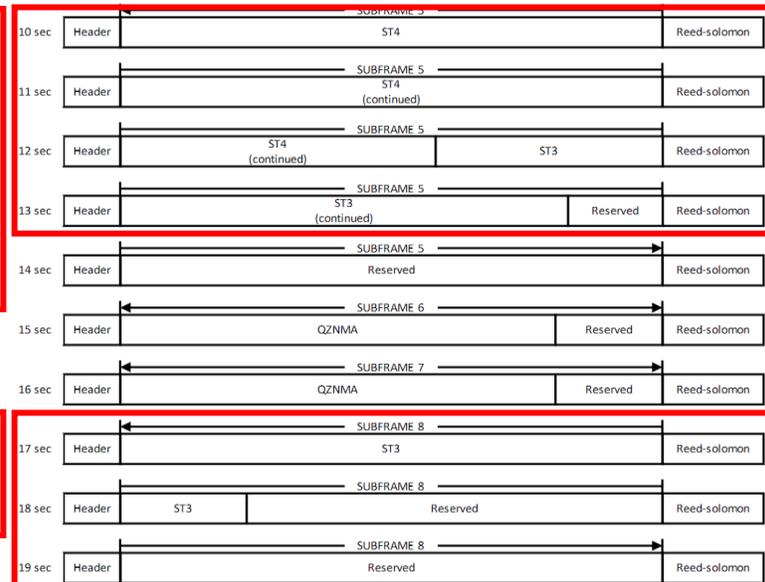


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

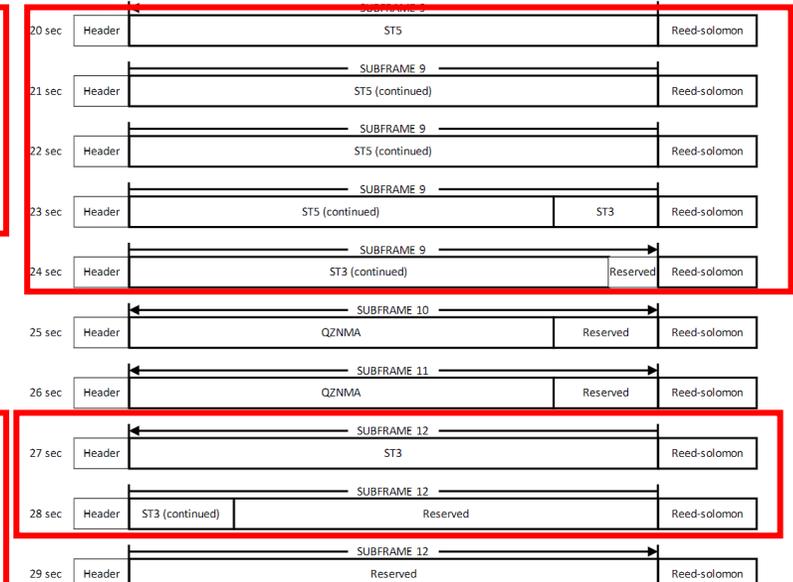
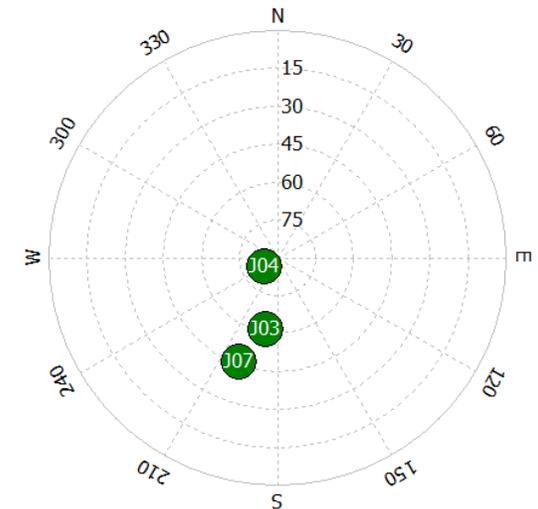
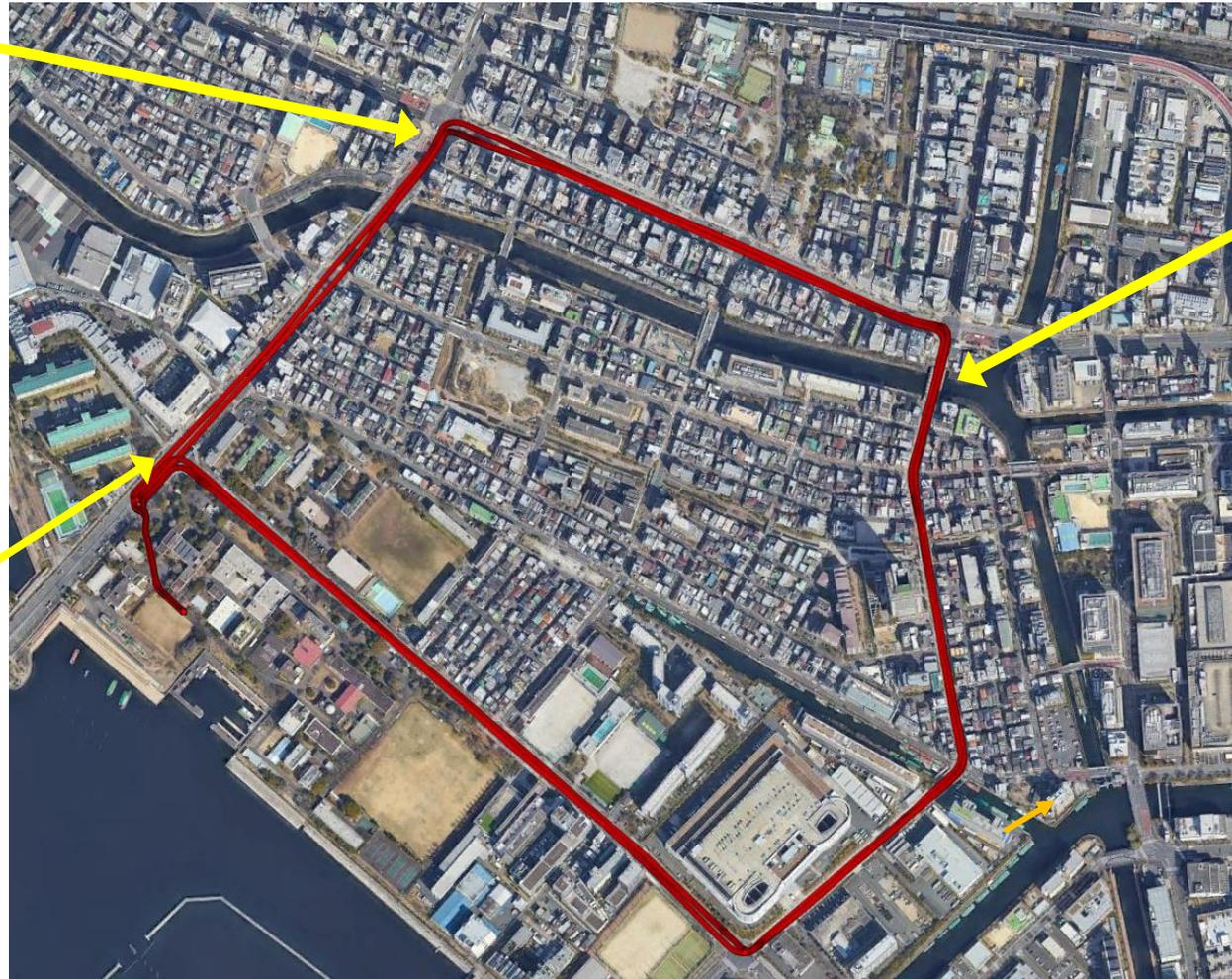


Figure 4.2.2-1 MADDOCA-PPP Sub Type Transmission Pattern (Nominal) (continued)

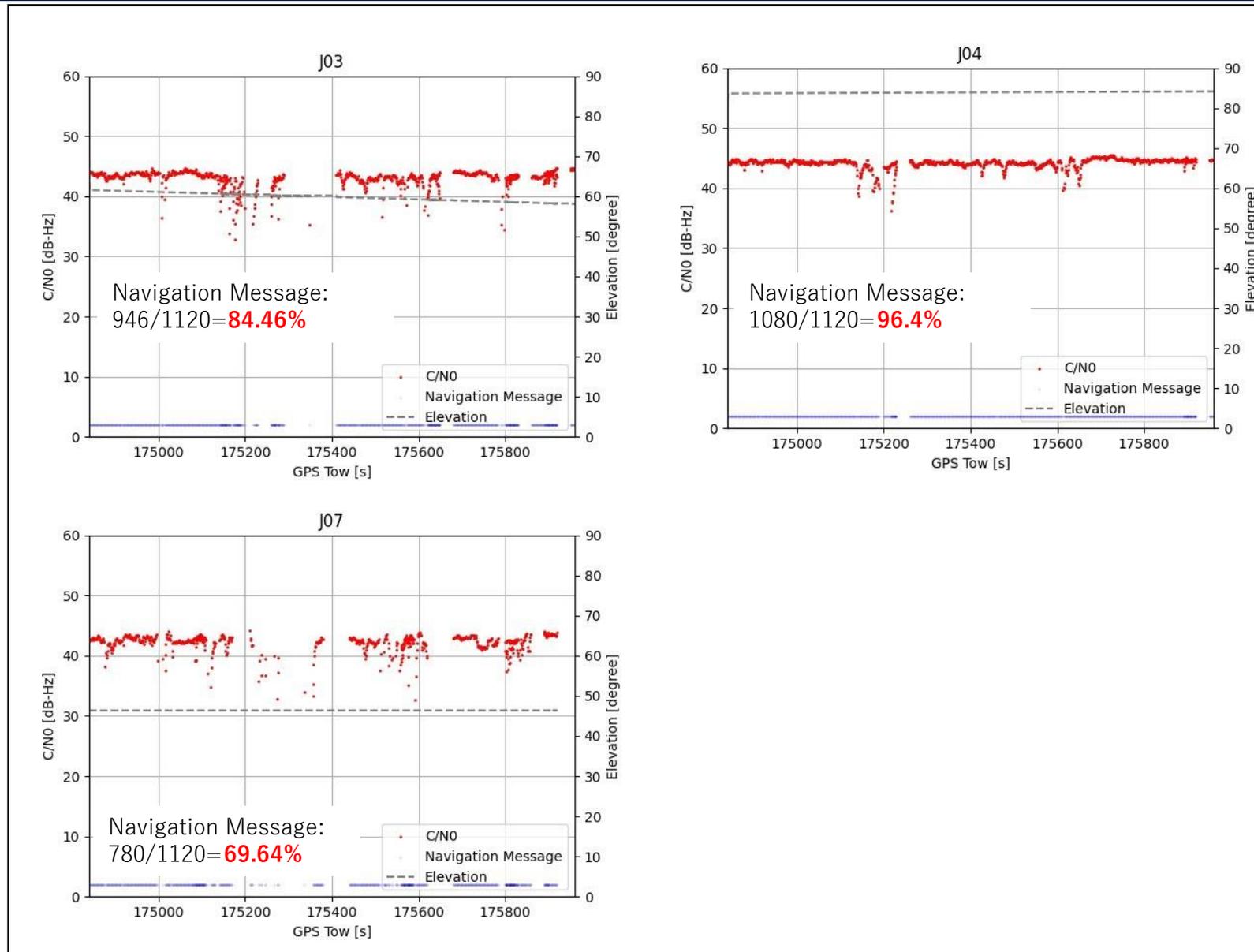
Test environment

車に屋根にGPS-703-GGGを設置し、IFデータを取得(2023年10月10日174840～175960)

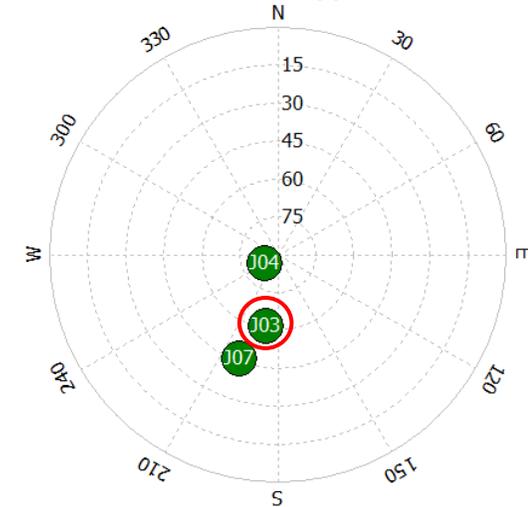
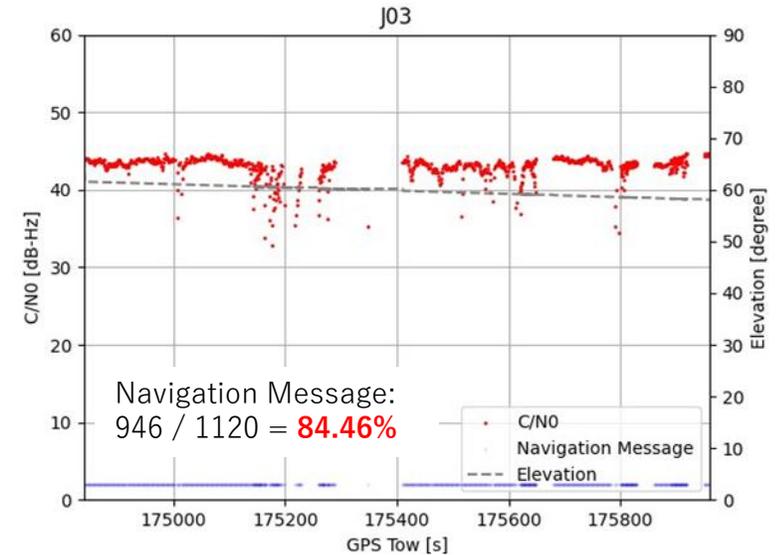
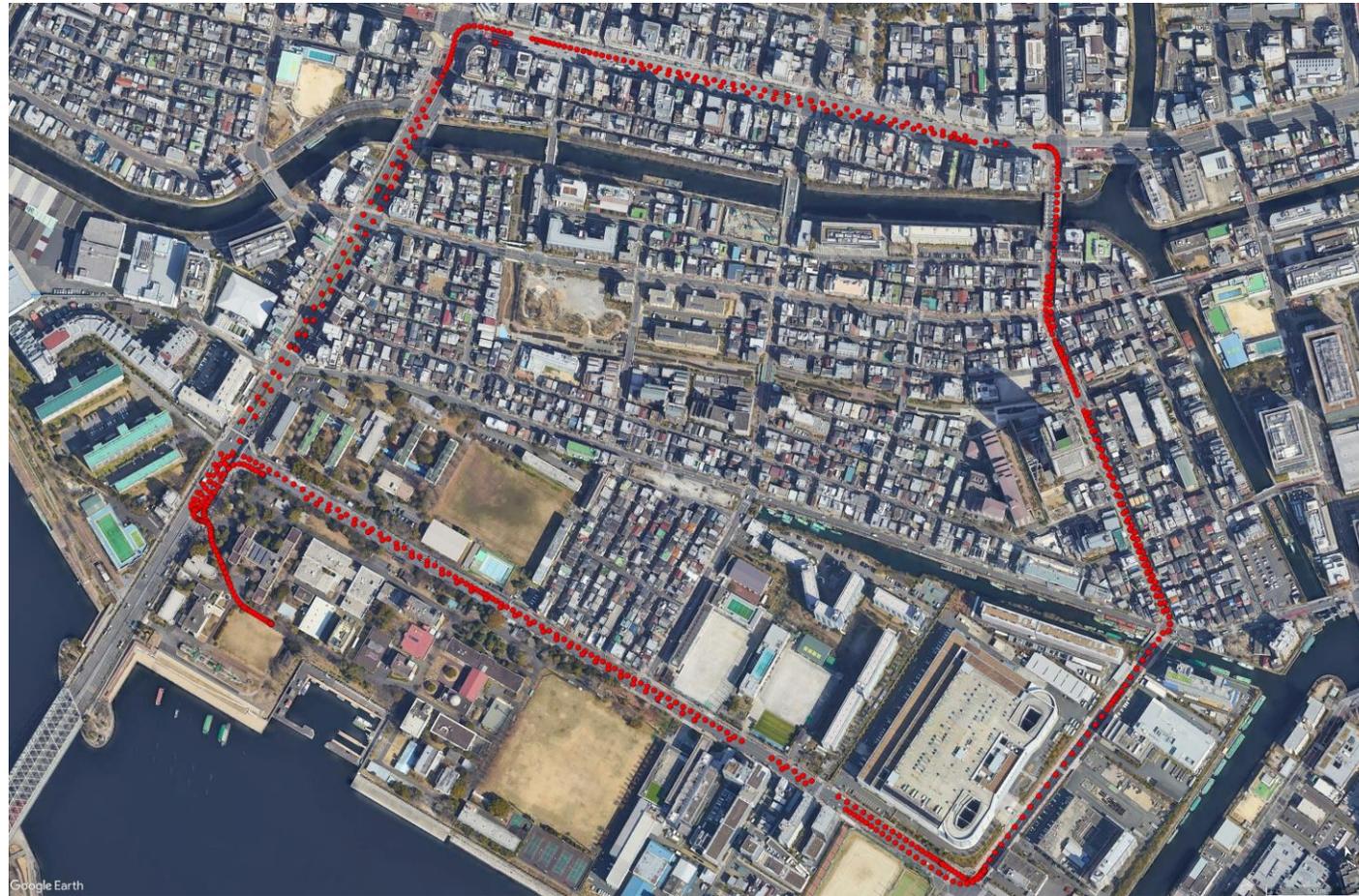


住宅街の中を2周走行(時計回り/反時計回り)

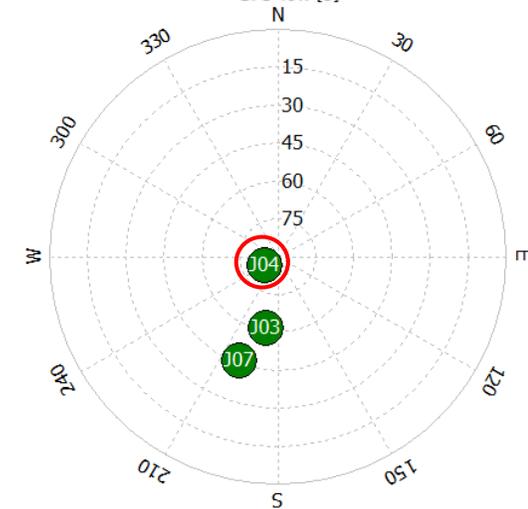
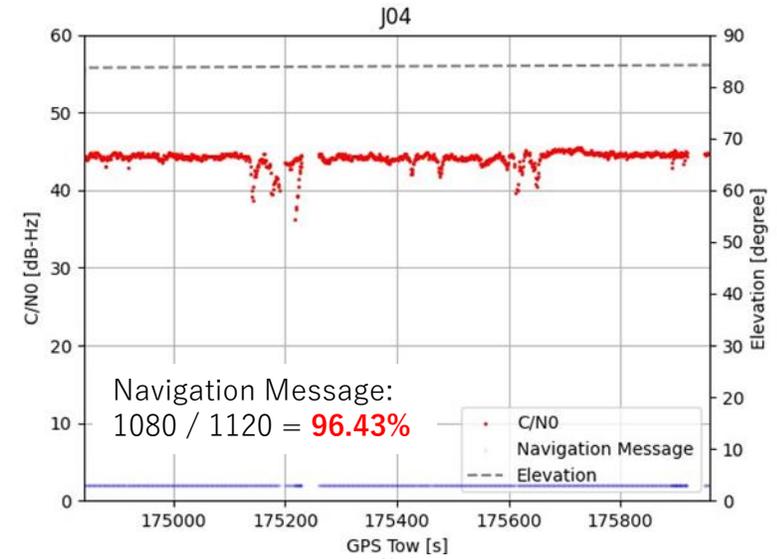
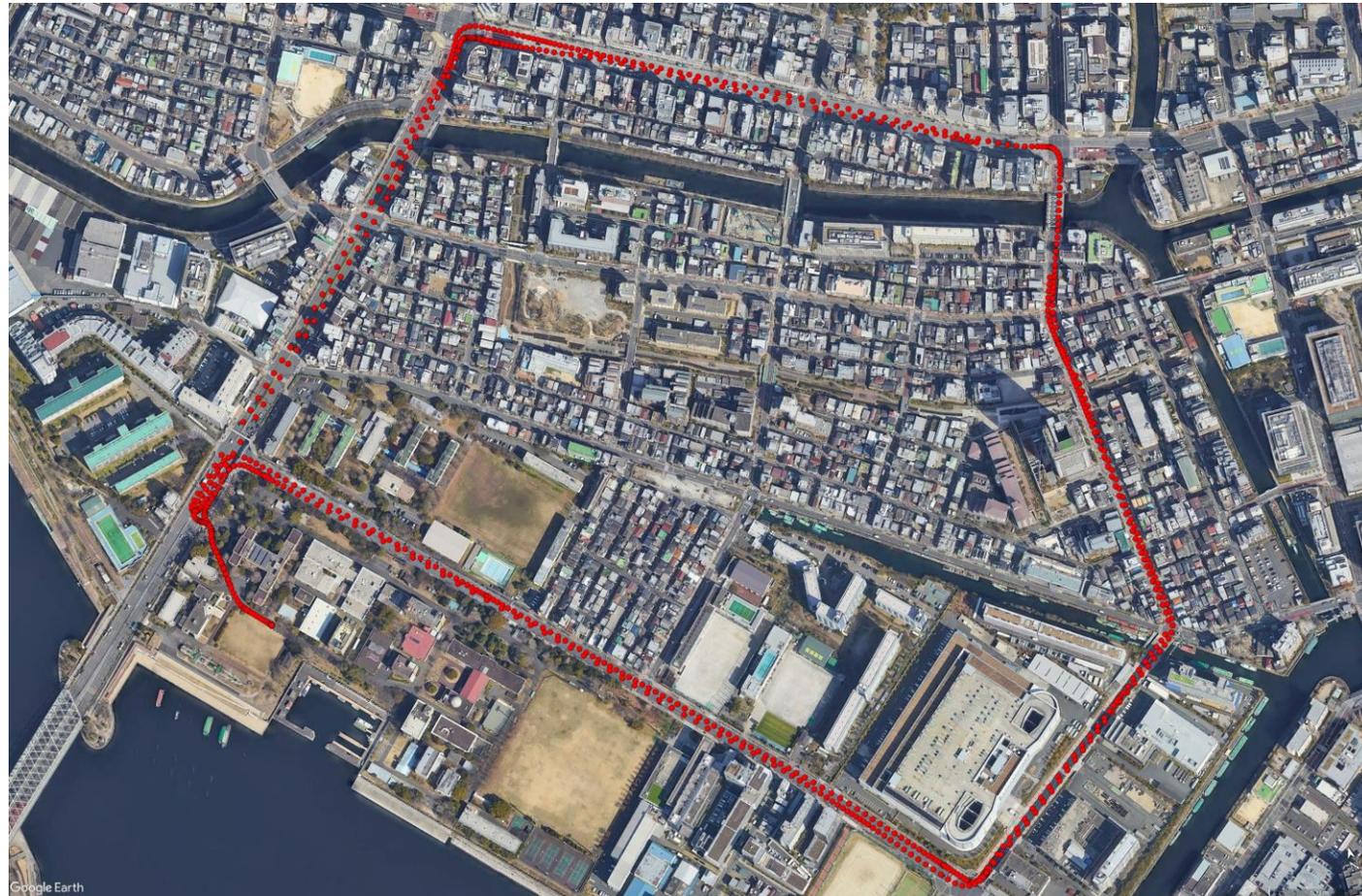
Result of C/N0 and decode rate



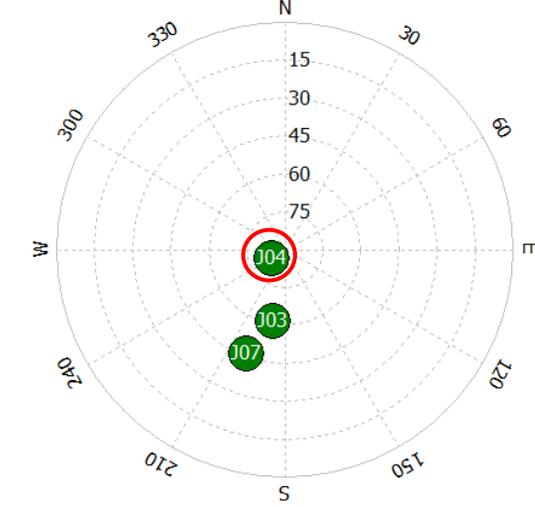
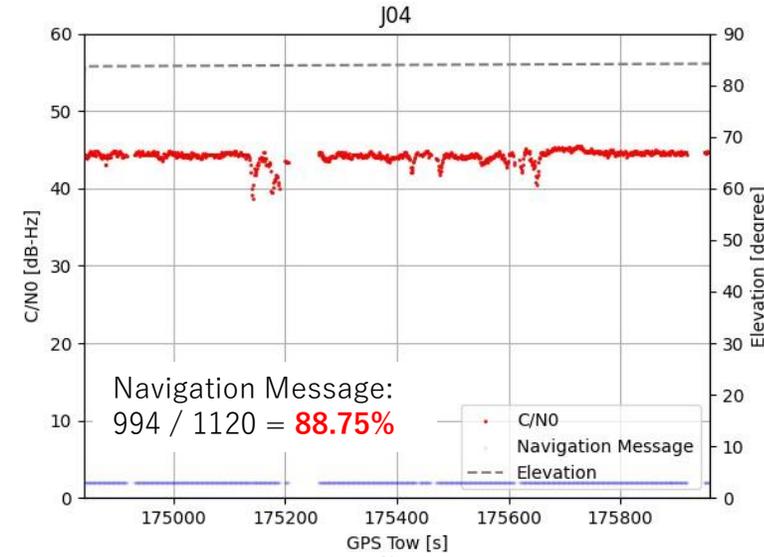
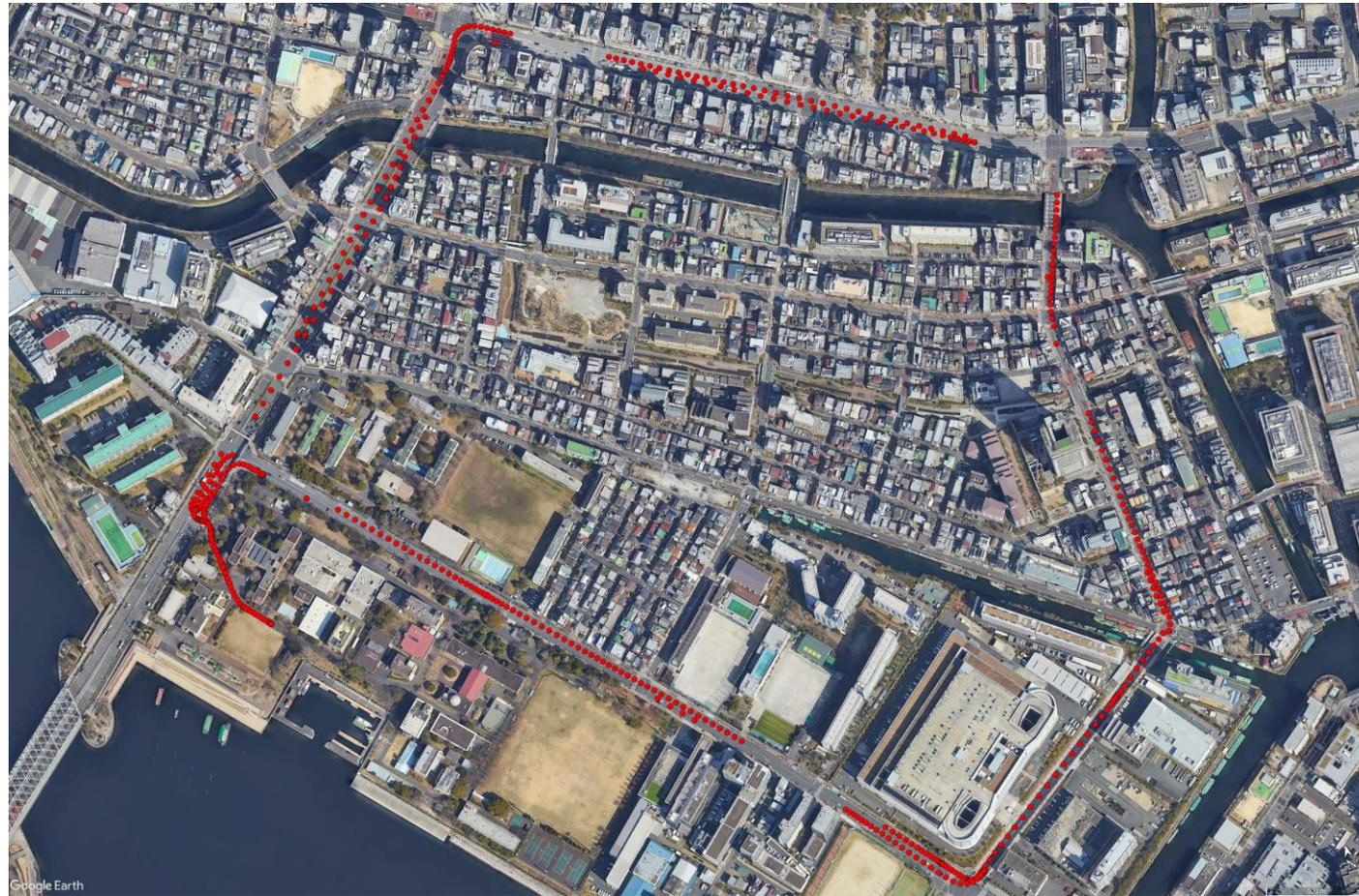
C/N0 and decode rate(J03)



C/N0 and decode rate(J04)

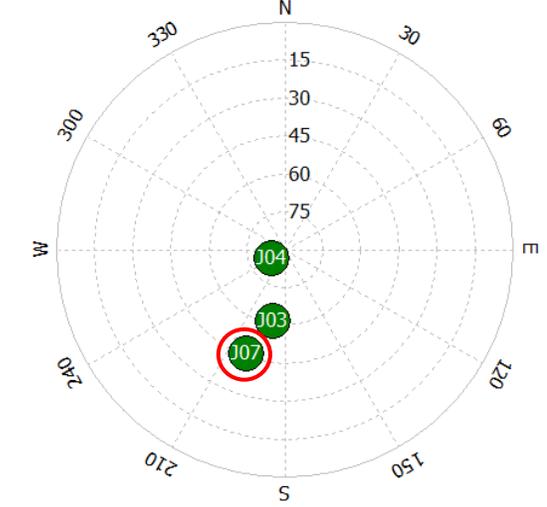
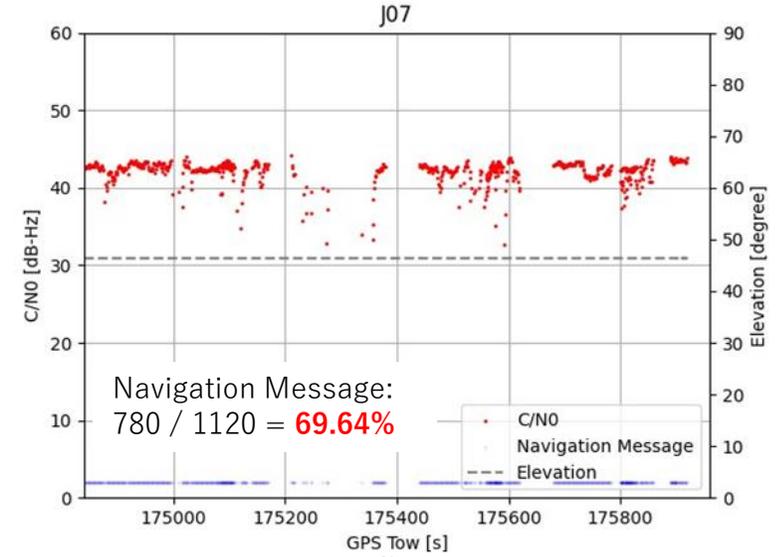
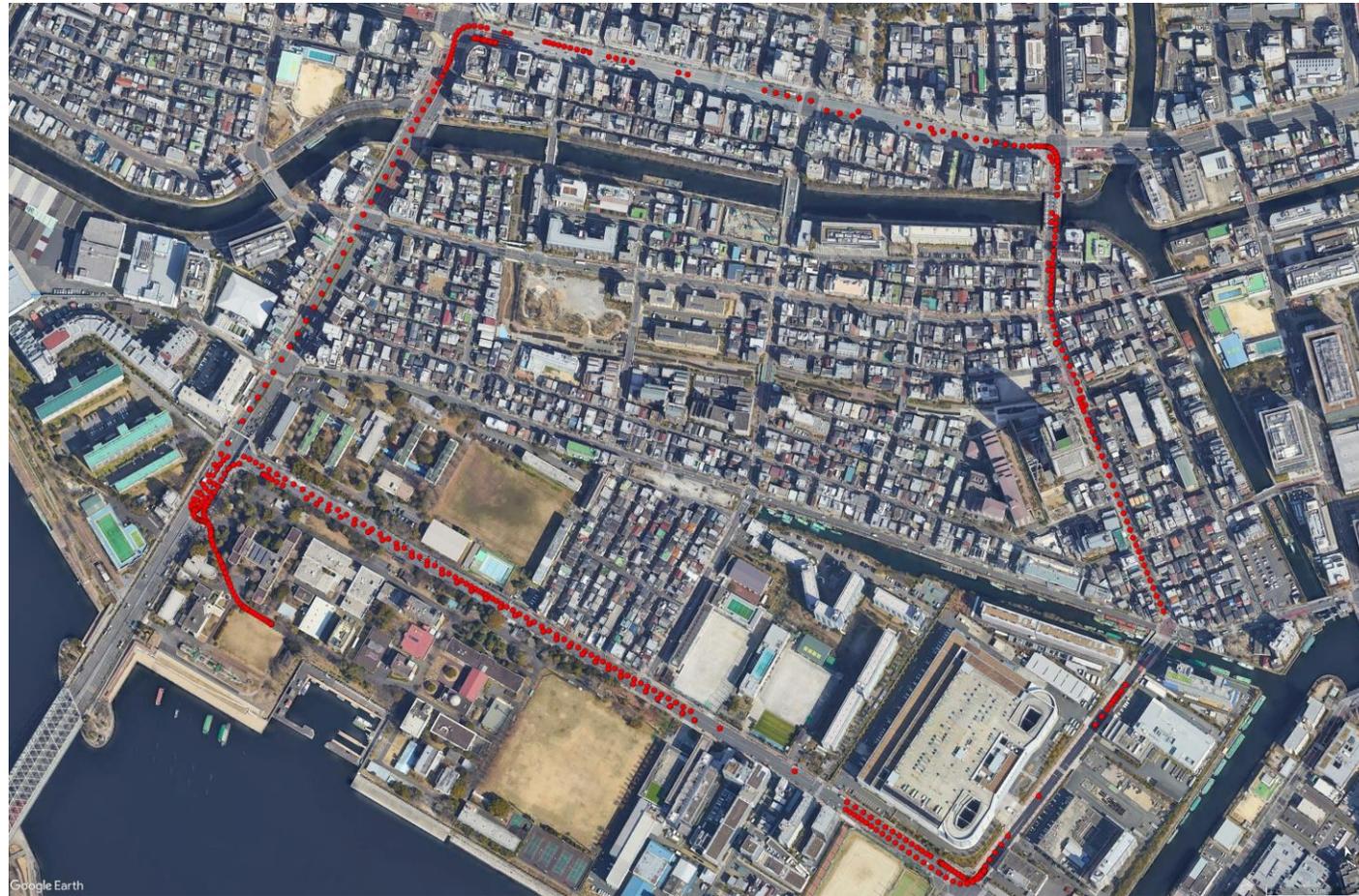


C/N0 and decode rate(J04)



SSR Maskをデコードでき、連続的にデコードができた箇所
(瞬間的にL6航法メッセージがデコードできた場合を除く)

C/N0 and decode rate(J07)



J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction	38	28	73.68
Clock Correction	224	130	58.04
Code Bias	37	24	64.86
Phase Bias	37	18	48.65
URA	38	25	65.79

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction	38	36	94.74
Clock Correction	224	199	88.84
Code Bias	37	34	91.89
Phase Bias	37	30	81.08
URA	38	35	92.11

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction	38	21	55.26
Clock Correction	224	93	41.52
Code Bias	37	16	43.24
Phase Bias	37	13	35.14
URA	38	19	50.00

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction+VALID	38	33	86.84
Clock Correction+VALID	224	141	62.95
Code Bias+VALID	37	29	78.38
Phase Bias+VALID	37	27	72.97
URA+VALID	38	31	81.58

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction+VALID	38	38	100.00
Clock Correction+VALID	224	208	92.86
Code Bias+VALID	37	35	94.59
Phase Bias+VALID	37	34	91.89
URA+VALID	38	37	97.37

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction+VALID	38	26	68.42
Clock Correction+VALID	224	104	46.43
Code Bias+VALID	37	22	59.46
Phase Bias+VALID	37	21	56.76
URA+VALID	38	26	68.42

初めてSSR Maskをデコードした時間(00:34:00(GPST))から実験終了まで1120秒(つまり**37サイクルと10秒**)
あるべきメッセージ数：QZSSから放送されたメッセージ数
デコードした回数：Pocket-SDRでデコードできた回数

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction	38	28	73.68
Clock Correction	224	130	58.04
Code Bias	37	24	64.86
Phase Bias	37	18	48.65
URA	38	25	65.79

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction	38	36	94.74
Clock Correction	224	199	88.84
Code Bias	37	34	91.89
Phase Bias	37	30	81.08
URA	38	35	92.11

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction	38	21	55.26
Clock Correction	224	93	41.52
Code Bias	37	16	43.24
Phase Bias	37	13	35.14
URA	38	19	50.00

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction+VALID	38	33	86.84
Clock Correction+VALID	224	141	62.95
Code Bias+VALID	37	29	78.38
Phase Bias+VALID	37	27	72.97
URA+VALID	38	31	81.58

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction+VALID	38	38	100.00
Clock Correction+VALID	224	208	92.86
Code Bias+VALID	37	35	94.59
Phase Bias+VALID	37	34	91.89
URA+VALID	38	37	97.37

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction+VALID	38	26	68.42
Clock Correction+VALID	224	104	46.43
Code Bias+VALID	37	22	59.46
Phase Bias+VALID	37	21	56.76
URA+VALID	38	26	68.42

初めてSSR Maskをデコードした時間(00:34:00(GPST))から実験終了まで1120秒(つまり37サイクルと10秒)
 あるべきメッセージ数：QZSSから放送されたメッセージ数
 デコードした回数：Pocket-SDRでデコードできた回数

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction	38	28	73.68
Clock Correction	224	130	58.04
Code Bias	37	24	64.86
Phase Bias	37	18	48.65
URA	38	25	65.79

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction	38	36	94.74
Clock Correction	224	199	88.84
Code Bias	37	34	91.89
Phase Bias	37	30	81.08
URA	38	35	92.11

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction	38	21	55.26
Clock Correction	224	93	41.52
Code Bias	37	16	43.24
Phase Bias	37	13	35.14
URA	38	19	50.00

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction+VALID	38	33	86.84
Clock Correction+VALID	224	141	62.95
Code Bias+VALID	37	29	78.38
Phase Bias+VALID	37	27	72.97
URA+VALID	38	31	81.58

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction+VALID	38	38	100.00
Clock Correction+VALID	224	208	92.86
Code Bias+VALID	37	35	94.59
Phase Bias+VALID	37	34	91.89
URA+VALID	38	37	97.37

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction+VALID	38	26	68.42
Clock Correction+VALID	224	104	46.43
Code Bias+VALID	37	22	59.46
Phase Bias+VALID	37	21	56.76
URA+VALID	38	26	68.42

天頂方向の衛星(J04)のアベイラビリティはかなり高く,GEO(J07)のアベイラビリティは厳しい
 あくまで評価の一例だが、都市部移動体ではL6信号は仰角順に選んだほうが良い(J04→J03→J07)
 →市販受信機だと1機しか追尾しない受信機もある(Mosaic-CLAS)

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction	38	28	73.68
Clock Correction	224	130	58.04
Code Bias	37	24	64.86
Phase Bias	37	18	48.65
URA	38	25	65.79

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction	38	36	94.74
Clock Correction	224	199	88.84
Code Bias	37	34	91.89
Phase Bias	37	30	81.08
URA	38	35	92.11

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction	38	21	55.26
Clock Correction	224	93	41.52
Code Bias	37	16	43.24
Phase Bias	37	13	35.14
URA	38	19	50.00

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction+VALID	38	33	86.84
Clock Correction+VALID	224	141	62.95
Code Bias+VALID	37	29	78.38
Phase Bias+VALID	37	27	72.97
URA+VALID	38	31	81.58

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction+VALID	38	38	100.00
Clock Correction+VALID	224	208	92.86
Code Bias+VALID	37	35	94.59
Phase Bias+VALID	37	34	91.89
URA+VALID	38	37	97.37

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction+VALID	38	26	68.42
Clock Correction+VALID	224	104	46.43
Code Bias+VALID	37	22	59.46
Phase Bias+VALID	37	21	56.76
URA+VALID	38	26	68.42

+VALID：メッセージの有効期間も考慮に入れた回数 (Clock：10秒, その他：60秒)

VALIDを考慮するとアベイラビリティかなり向上するが、クロックはVALIDが短いので低い
基本的にSubframeが小さい順にアベイラビリティが高く、
SUBFRAME9で補強されているPhase Biasが最もアベイラビリティが低い

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction	38	28	73.68
Clock Correction	224	130	58.04
Code Bias	37	24	64.86
Phase Bias	37	18	48.65
URA	38	25	65.79

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction+VALID	38	33	86.84
Clock Correction+VALID	224	141	62.95
Code Bias+VALID	37	29	78.38
Phase Bias+VALID	37	27	72.97
URA+VALID	38	31	81.58

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction	38	36	94.74
Clock Correction	224	199	88.84
Code Bias	37	34	91.89
Phase Bias	37	30	81.08
URA	38	35	92.11

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction+VALID	38	38	100.00
Clock Correction+VALID	224	208	92.86
Code Bias+VALID	37	35	94.59
Phase Bias+VALID	37	34	91.89
URA+VALID	38	37	97.37

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction	38	21	55.26
Clock Correction	224	93	41.52
Code Bias	37	16	43.24
Phase Bias	37	13	35.14
URA	38	19	50.00

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction+VALID	38	26	68.42
Clock Correction+VALID	224	104	46.43
Code Bias+VALID	37	22	59.46
Phase Bias+VALID	37	21	56.76
URA+VALID	38	26	68.42

+VALID：メッセージの有効期間も考慮に入れた回数 (Clock：10秒, その他：60秒)

VALIDを考慮するとアベイラビリティかなり向上するが、クロックはVALIDが短いので低い
基本的にSubframeが小さい順にアベイラビリティが高く、
SUBFRAME9で補強されているPhase Biasが最もアベイラビリティが低い

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction	38	28	73.68
Clock Correction	224	130	58.04
Code Bias	37	24	64.86
Phase Bias	37	18	48.65
URA	38	25	65.79

J03	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	29	76.32
Orbit Correction+VALID	38	33	86.84
Clock Correction+VALID	224	141	62.95
Code Bias+VALID	37	29	78.38
Phase Bias+VALID	37	27	72.97
URA+VALID	38	31	81.58

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction	38	36	94.74
Clock Correction	224	199	88.84
Code Bias	37	34	91.89
Phase Bias	37	30	81.08
URA	38	35	92.11

J04	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	36	94.74
Orbit Correction+VALID	38	38	100.00
Clock Correction+VALID	224	208	92.86
Code Bias+VALID	37	35	94.59
Phase Bias+VALID	37	34	91.89
URA+VALID	38	37	97.37

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction	38	21	55.26
Clock Correction	224	93	41.52
Code Bias	37	16	43.24
Phase Bias	37	13	35.14
URA	38	19	50.00

J07	あるべきメッセージ数	デコードした回数	アベイラビリティ[%]
SSR Mask	38	25	65.79
Orbit Correction+VALID	38	26	68.42
Clock Correction+VALID	224	104	46.43
Code Bias+VALID	37	22	59.46
Phase Bias+VALID	37	21	56.76
URA+VALID	38	26	68.42

+VALID：メッセージの有効期間も考慮に入れた回数 (Clock：10秒, その他：60秒)
 VALIDを考慮するとアベイラビリティかなり向上するが、クロックはVALIDが短いので低い
 基本的にSubframeが小さい順にアベイラビリティが高く、
 SUBFRAME9で補強されているPhase Biasが最もアベイラビリティが低い

- CSSRはST1のSSR Maskのデコードが必須(30秒に1回)
ST1がデコードできない場合は次のST1までのデータを捨てることになる
- Pocket-SDRを用いて、都市部移動体におけるL6航法メッセージを評価
天頂方向の衛星が補正情報配信におけるアベイラビリティの向上に一番寄与している
仰角が低い衛星(特にGEO)は都市部移動体ではかなり厳しいデコード率となる
今回の走行ルートには南側に建物が多かったのも要因の1つ
GEO(J07)が向くのはオープンスカイ環境、マルチパス環境下のStatic測位に向いている
- 補強メッセージごとのアベイラビリティでは、更新頻度が高いクロックのアベイラビリティが最も低い
またクロックはVALIDの時間が短いため、VALIDを考慮したことによるアベイラビリティ向上が低い

今後の課題

- クロックのVALIDを評価(10秒→15秒でも確実にアベイラビリティ向上に寄与)
- 市販受信機の比較(Pocket-SDR VS D9C, Mosaic-CLAS)
- リアルタイムでデコードした補強メッセージを用いたPPP測位(+AR)