

RTK GNSS 基準局

新設工事 報告書

ソフトウェア情報学部
佐藤永欣



動機と目的

- 研究で利用するRTK-GNSSの基準局
 - 滝沢ロボティクス(同)の登記上の本社にある基準局に頼っていた
 - `ntrip://ntrip1.bizstation.jp:2101/981E8A9A`
 - 同所での光回線契約がなくなっていることが判明
 - 楽天モバイル回線のWi-FiルータでNTRIPデータを配信しているらしい
 - 社長の田尻君が出張で不在になると基準局が使えなくなる
- いつまでも頼るわけにはいかないだろう
 - 研究インフラだから、他研究室でも使いたい人はいるだろう
- そうだ基準局、作ろう
 - 予算の制約が結構厳しい

場所

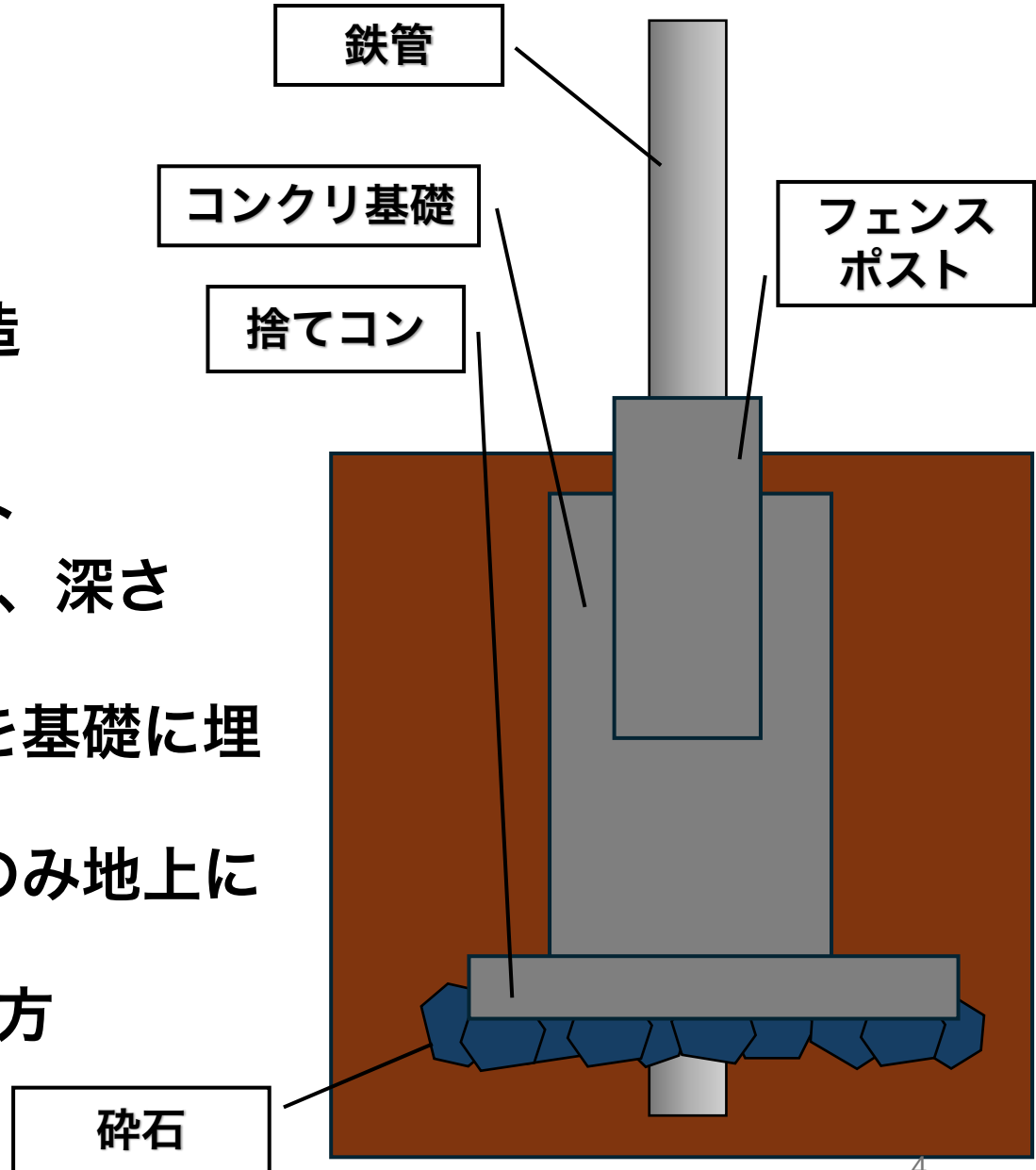
- ソフトA棟・B棟
の中間付近
- B棟から10m
- A棟から15m
- 既存の遊歩道・
照明設備を回避
- 樹木の間



- 2階の研究室の窓から配線を伸ばせる場所を選定
- アンテナ高さは最大20mを計画
 - 現在は約5.2m

工事概要

- 構造
 - 鉄管連結自立構造
- 基礎
 - 無筋コンクリート
 - 直径33cm円柱状、深さ110cm
 - フェンスポストを基礎に埋め込み
 - フェンスポストのみ地上に露出
 - 捨てコン75cm四方



工事概要

- 設計耐風速
 - 35m/s
 - 鉄管部分の揺れは(とりあえず)許容する
 - 基礎部分の横荷重は100kgf程度までを想定
 - 35m/sで48mm径鉄管高さ6mで風荷重18kgf
- 基礎深さ: 土壌凍結深度から決定
 - 盛岡市の基準により50cmを想定→凍結深度+30cmの深さの基礎が必要
- 工法
 - 人力掘削
 - 現場打ちコンクリート、一部に工場成形品を使用

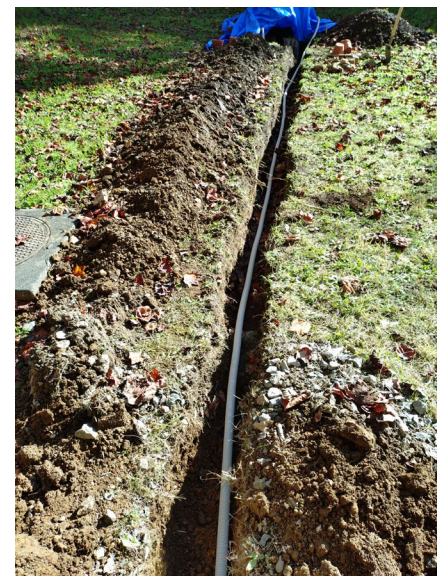
工事概要: 上部工

- 鉄管ポール
 - 48mm径単管パイプをジョイントにより接続
 - 景観に配慮しろといわれたため、アイボリーホワイトに塗装
- アンテナ基台
 - 単管ベースに鉄板と単管パイプを溶接
- アンテナはマグネット固定



工事概要: 配線・付属物

- 建物～ポールまでは地中配線
 - 内線規程準拠
 - 28mm径PF管 埋設深さ40cm
 - 埋設シート埋設深さ10cm
 - RG58同軸ケーブル20m
- ポール・建物側はPF管により保護
 - 16mm径PF管
- 配管接続部は将来の拡張を考慮しウォルボックスを設置
- 配管埋設位置を建物側に明示



工事概要: 投入資材量

- 敷石
 - 砕石5号 20kg
- 基礎: 総重量約180kg
 - 砕石5号 20kg (捨てコン部分のみ)
 - 砂利6号 20kg (捨てコン部分・下部)
 - 砂利5号 40kg
 - 砂 60kg
 - セメント 25kg
 - 水
- 単管
 - 2m 基礎埋め込み部・土台
 - 4m 上部
 - 0.3m アンテナ基台部
- 配線・付属物
 - ウォルボックス・PF管



工事工程

- 仮設状態でアンテナ・受信機の動作を確認
 - NTRIPでのデータ配信までをひととおり確認
- 設置位置を決定



工事工程: 掘削

- 人力により基礎工設置部分を75cm四方・深さ110cm掘削
 - 2週間、計約12時間ほど作業
 - 途中、強電用配管を発見し回避→設置位置を変更



工事工程: 土台部単管建て込み

- 掘削した部分の底より15cmほど単管パイプを土中に打ち込み、垂直を確保
- 基礎コンクリート打設まで仮固定



工事工程: 基礎工

- 敷石5cm厚
- 捨てコン5cm厚
 - 砂・小粒砂利が不足気味だった



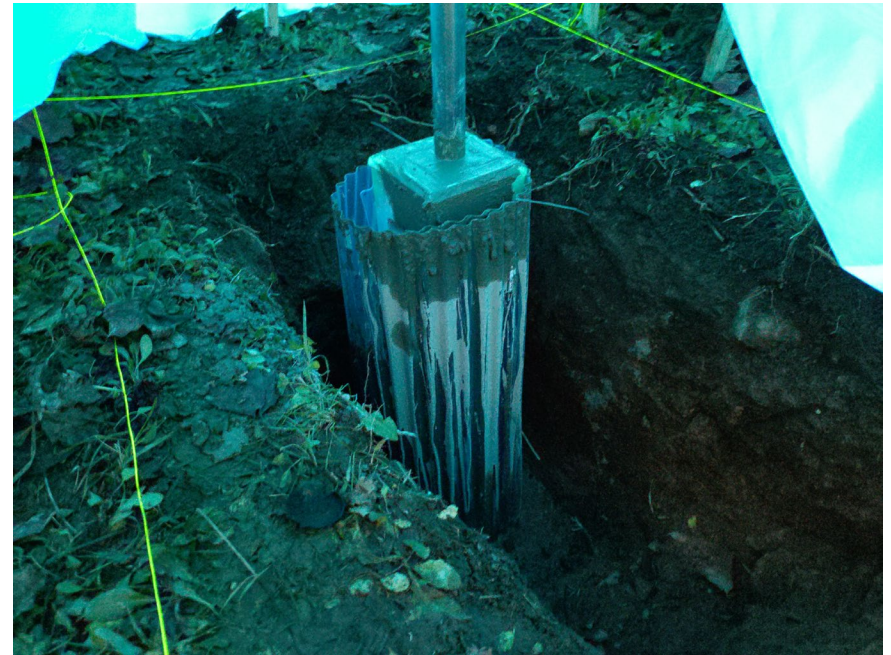
工事工程: 基礎工

- 型枠設置・基礎打設: 工程の都合で2回に分割
- コンクリート打設は急速固結剤を薄めに利用し4時間おきに打設、1日で完了
 - 急速固結剤を使用しない場合、捨てコンを含め8時間おきに3回の打設が必要
 - 若干コールドジョイント気味?



工事工程: 基礎工

- ・ フェンスポスト設置・
3回目打設
- ・ 養生
 - ・ 標準指方書の5℃を適用し9日間湿潤養生
 - ・ 低温・降雨のため散水等はなし、ブルーシート保温のみ
 - ・ ギリギリ寒中コンクリートにならずに済んだ
 - ・ 練炭コンロで保温は嫌すぎる



工事工程: 通信線埋設

- 養生と並行して通信線埋設のための溝を掘削
 - 深さ40cm、延長9m
 - 2日間、約6時間作業
- 建物側に埋設管路立ち上げのための杭を打設



工事工程: 通信線埋設

- 地中40cmにPF管埋設
- 30cm覆土してから埋設表示シートを設置
- 埋め戻し



工事工程: 型枠撤去・埋め戻し

- 型枠撤去後に埋め戻し
- 人力により転圧



工事工程: 付属品設置

- ・ウォルボックスを建物側アンテナ側双方に設置
 - ・建物壁に埋設位置表示追加
 - ・PF管接続部をエアコンパテで外側から防水



工事工程: 鉄製ポール

- 事前に屋内で作業
 - 塗装
 - PF管固定
 - アンテナ固定
 - アンテナ線通線
- 高所作業をしたくないのでモジュール化した



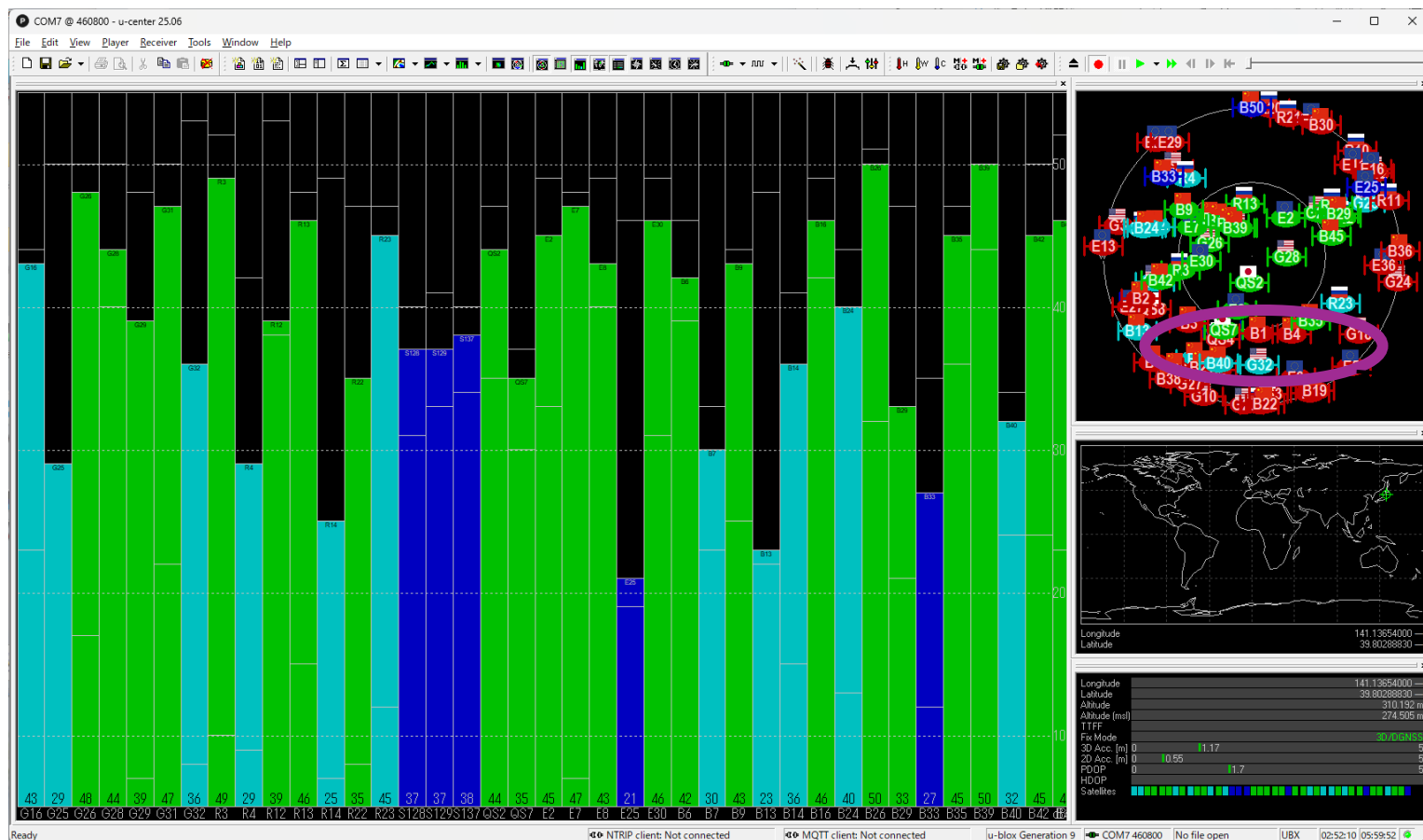
工事工程: ポール建込み・通線

- 学生3名とポールを建込み、ジョイントを固定
- ポールに沿わせたPF管を接続
- 通線
 - 埋設部に急カーブがあるため通線ワイヤを使用
 - 通線後、ウォルボックス内から管内への水侵入を防ぐためエアコンパテで防水



基線解析・アンテナ座標決定

- この時点で嫌な予感しかしない
 - 信号弱い&南側の見えていない衛星が多すぎる



見えて
てほし
い領域

基線解析・アンテナ座標決定

- 国土地理院電子基準点「玉山」を使用
 - 局番号 950163
 - 概略座標Lat: 39.85124623, Lon: 141.16486183
- <https://terras.gsi.go.jp/> からデータを取得
 - 観測データ取得→規約に同意→基準点を選択→日時を指定してダウンロード
 - Zip/tarを全部展開すると0163318d.25[glnoq]などというファイル名のファイルができる
 - ファイル名番号は観測点番号と日時から合成
 - 拡張子が数字2桁+glnoqのどれか1文字で構成
- 日々の座標値も取得: 最新のものを使用
 - 39.851228408 141.16488947 233.96130681

基線解析・アンテナ座標決定

- U-centerでUBXファイルに3日分の観測データを保存
- RTKLIBで後処理解析
 - `convbin -r ubx -ot -oi -ol
COM7___460800_251114_030951.ubx`
 - `rnx2rtkp -sys GJRE -l 39.851228408
141.16488947 233.96130681 -m 40
COM7___460800_251114_030951.obs
01633??d.25? >
COM7___460800_251114_03951.pos`
 - `-sys GJRE` GPS/QZSS/Glonass/Galileoの信号を使用
(BeiDouは電子基準点のデータが無い)
 - `-l 緯度 経度 高さ` 電子基準点の日々の座標の最新値
 - `-m 40` 使用する衛星の仰角を40度以上に限定

基線解析・アンテナ座標決定

- マルチパスの影響が大きくなかなかRTK FIXしない
 - FLOAT解は安定して得られる(そりゃそうだ)
 - 悪くても1/3ぐらいはRTK FIXする?
 - 3日分: FLOAT解46680個、RTX FIX 38677個
- rnx2rtkpの出力のQの列が1がRTK FIX、2がFLOAT解
 - COM7___460800_251114_030951.posをみて、RTK FIXしているデータだけを集めて平均
 - rnx2rtkopは空白区切りのテキストデータを出力
 - テキストエディタとExcelでごによごによ

基線解析・アンテナ座標決定

- 算術平均、中央値、最頻値を計算して最頻値を採用

	緯度[deg]	経度[deg]	高度(Geoid) [m]
算術平均	39.802900650550	141.136528302271	306.507411050498
中央値	39.802900647000	141.136528296000	306.511300000000
最頻値	39.802900668000	141.136528266000	306.518200000000

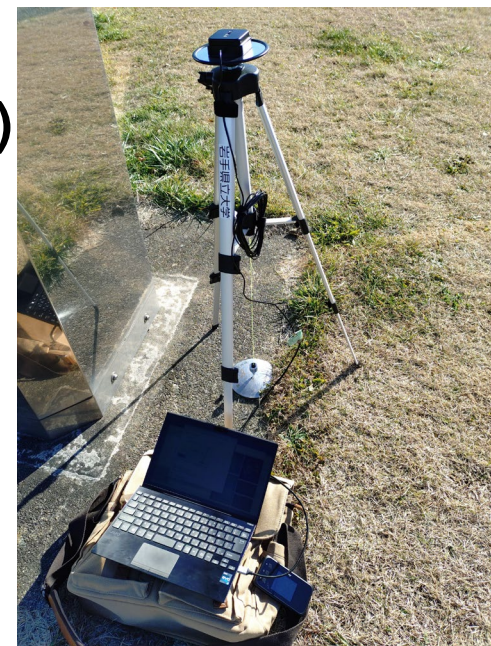
- RTK FIXだけのはずだが、どうも微妙に違う
- 算術平均と中央値は外れ値の影響を受けやすい→最頻値
- 決定できた座標
 - Lat 39.802900668 (小数点以下7桁まで有効)
 - Lon 141.136528266 (小数点以下7桁まで有効)
 - Height 306.5182 (小数点以下2桁まで有効)

アンテナ座標と地殻変動

- 決定したアンテナ座標は今期座標(2025)
- そこら辺の地図は元期座標
 - 地域により2011年5月24日と1997年1月1日が混在
 - 概ね東日本大震災の影響を受けた地域が2011
- 元期座標でないとな役に立たないので、元期座標に変換
 - 国土地理院のセミ・ダイナミック補正を使用
 - <https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/semidyna.html>
- 変換後の元期座標
 - 北緯39.80290873、東経141.13651451、
楕円体高306.52
- 元期座標を受信機の座標として設定

アンテナ座標の検証

- 既知の基準点に移動局を持って行き、RTK-GNSS測位
- とりあえず電子基準点「玉山」の付標
 - 北緯39度51分04秒4503 (39.85123619)
東経141度09分53秒5242 (141.16486783)
 - RTK計測を10分実施した結果:
 - 算術平均
 - 北緯39度51分04秒4502 (39.85123618)
 - 東経141度09分53秒5238 (141.16486771)
 - 中央値
 - 北緯39度51分04秒4502 (39.85123617)
 - 東経141度09分53秒5242 (141.16486783)
 - 最頻値
 - 北緯39度51分04秒4502 (39.85123617)
 - 東経141度09分53秒5242 (141.16486783)
 - 中央値・最頻値で緯度が0.00000002度ずれているが???

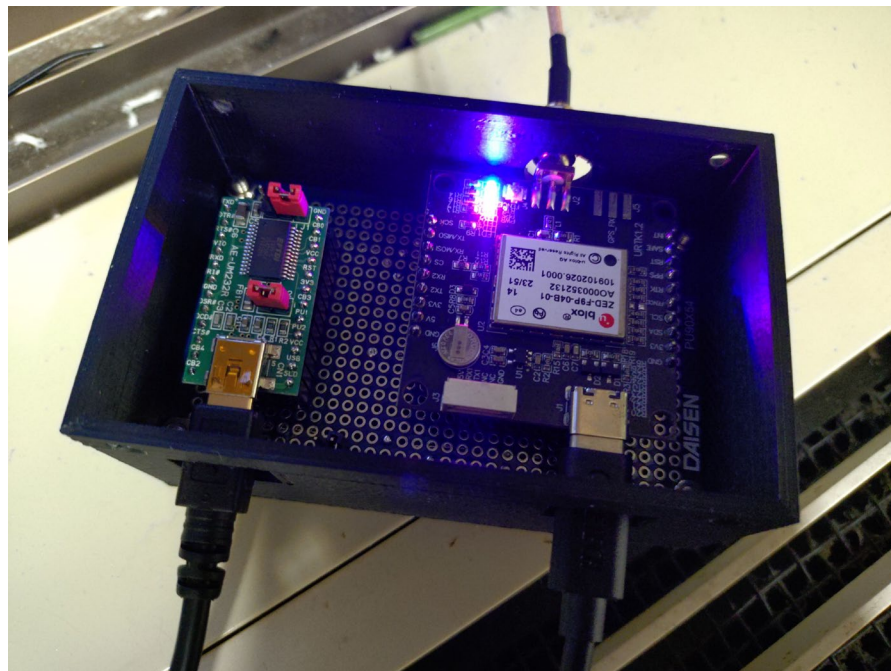


アンテナ座標の検証

- どの統計処理結果を採用すべきか?
 - RTK-FIXする座標が確率的に決まる
 - RTK-FIXの結果の座標はメッシュ状に分布
 - 2周波受信機の場合、1.575GHz (L1)と1.228GHz (L2)の差分の周波数の波長のメッシュを作っている
 - L1信号とL2信号が位相0度で交差する線上(多分)
 - さらにいろいろなパターンのメッシュも持っている
 - 尤度をみながらどの交点を採用するかを選んでいる?
- 明らかな外れ値除去後なら算術平均、除去前なら最頻値?

受信機・NTRIPサーバの構成

- 受信機U-blox F9P-04B
 - UART1にFTDI FT232RL USBシリアル変換モジュールを接続
 - USBとUART1で異なるデータを出力
- U-Centerで常時モニタしたいが配信もしたい
→物理的に分けよう
 - 本当はUART1はNTPの時刻信号に使うはずだった
- Windowsはサーバとしては信用ならないのでUNIX系を配信に使用
 - U-centerはWindowsでしか動かないのでWindowsも必要



受信機・NTRIPサーバの構成

- 出力の使い分け
 - USB: U-center接続用
 - UART1: NTRIPで送信するRTCM/NMEAメッセージ用
 - 出力1個でstr2strを使う例が多いが、学内ネットで認証無しでUDPポートをあけるのはさすがに不用心
- 実は:
 - str2strをFreeBSDで動かしてUSBだけで接続し、str2strのTCPポートに接続可能なホストを制限するつもりだった
 - FreeBSDでF9PのUSBで115200bps以上出なかった
 - str2strもFreeBSDではバイナリデータを送受信できない
 - ttyドライバ・TERMIOS周りなんだろうなと思いつつも直すのが面倒。str2str起動前にsttyで設定してごまかせば直るが...

NTRIPデータ配信

- `ntrip://rtk2go.com:2101/IwatePrefUniv_Soft`
 - パスワード無し
 - ユーザ名はRTK2GOのルールに従って、有効なメールアドレス(ユーザ登録は不要)
- NTRIPキャスターの帯域制限により1HzでRTCMメッセージを配信
 - 20Kbpsをちょっとでも超えるとBANされる
- ~~配信はするものの、RTK FIXはなかなかしない見込み~~

IwatePrefUniv_Soft Summary

Base Station Mount Point Details: IwatePrefUniv_Soft

Station details for stream: [IwatePrefUniv_Soft](#) [H]
Located at **Is near: Tokyo, Tokyo, Japan**
Stream is **Hidden in the Tables**
NTRIP Agent **NTRIP_RTKLIB/2.4.3**

Ant. Location (Map-in-Google)

	Latitude	Longitude	Height
Pos in LLH	+39.80290067°	+141.13652826°	+306.518 (m)
Pos in DMS.sss	+39° 48' 10.442407"	+141° 08' 11.501736"	+306.518 (m)
Pos in DDMM.m	+39° 48.174040'	+141° 08.191696'	+306.518 (m)
	X	Y	Z
Pos in ECEF	-3820788.3070 (m)	+3078967.7026 (m)	+4061393.1437 (m)

Messages

Msg Format	RTCM 3.2
Messages	1005(1), 1077(1), 1087(1), 1097(1), 1127(1), 1230(1)
Count	13,746 total msgs ~6.0 (msg/sec)
Signals	GPS: Yes GLO: Yes QZSS: No GAL: Yes BeiD: Yes WAAS: No
SV Counts	GPS: 7 GLO: 4 QZSS: 0 GAL: 6 BeiD: 12 WAAS: 6
Common GNSS Osc.	Yes

Current Caster Table Entry

STR:IwatePrefUniv_Soft;Is near: Tokyo, Tokyo;RTCM 3.2;1005(1), 1077(1), 1087(1), 1097(1), 1127(1), 1230(1);;;JPN;39.80;141.14;1;0;SNIP;none;B;N;8540;

Recent Uptime Stats

Item	Value
Last Restart	38:15 M:S Up(1/1) (38:15 MIN:SEC 99.9% overall)
PFAT time	0.0 mSec (30 sec ave.)
Data In	2.414 MB [-8571bps] (raw reads)
Data Used	1.932 MB (post PFAT)
Data Out	0 Bytes (to clients)
First Seen	Mon November 17 2025 07:00:51 (Coordinated Universal Time)

今後の計画

- アンテナ高を極力高くする
 - マルチパスの影響により測位が安定しない
 - 仰角20度以下には何もない場所に設置すべき
 - 学部棟の屋根の軒部分の高さが地面から20m
 - 高さ17.5mで仰角の条件を満たす→4m単管をあと3本
- アンカーワイヤー追加
 - 高さ5.2mでも北西風で揺れる
 - グラウンドアンカーはペグ打ち込み? ペグにコンクリート補強が必要?
- アンテナ線増強・アンプ追加
 - RG58ケーブルの減衰が大きい
→5Dまたは8Dケーブル
 - アンテナ高を高くすると配線延長が35mとなる
→アンプ設置(ポール下のウォルボックス内?)

今後の計画

- アンテナポール根元から、水平方向に18mのスペースを確保できるのを確認
 - 45度程度の角度でアンカーワイヤーを張れるはず



今後の計画

- ・ アンカーワイヤーを利用しつつ、20m弱のポールを高所作業車・クレーン車なしで建て込む工法を検討
 - ・ 植木屋さんの植木建て込み手法がベース
 - ・ <https://rakuteire.com/ropeshityuu-nankinshibari/>
 - ・ アンカーワイヤー・グラウンドアンカーの強度検討
 - ・ ポールの根元を台車で移動で本当にOKか？

