

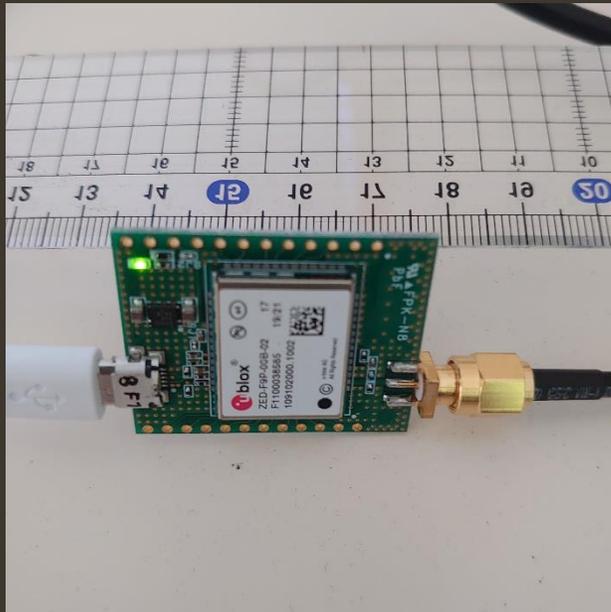
GPS RTK測位 F9P (U-blox)実験結果

ビギナーがGPS Cm級測位 C-LAS にチャレンジ



GPS C-LAS (cm級実験レポート)

- 300万円のGPS技術が数万円で入手可能
- U-blox社製 F9PによるRTK測位



U-blox F9P Unit

このたび CQ出版社より販売されたトランジスタ技術誌
トラ技キット 2周波RTKスタータキット (定価46200円 (税込み)) を
購入して実用可能か実験を行った。

目指す条件として

- 1) 誤差半径概ね1m以内とする。
- 2) 移動体：時速40kmで測位可能であること。
- 3) Google Earthにて展開できること。
- 4) 空洞探査波形とリンク可能であること。
- 5) その他 GPS契約料や年間維持契約等が不要であること。
- 6) 小型軽量であること。
- 7) 汎用性 (車載型・ハンディ型に搭載) があること。

なお、詳細なプロセスやテクニックは省略する。

基準局 (Base)と移動局 (Rover)の設置

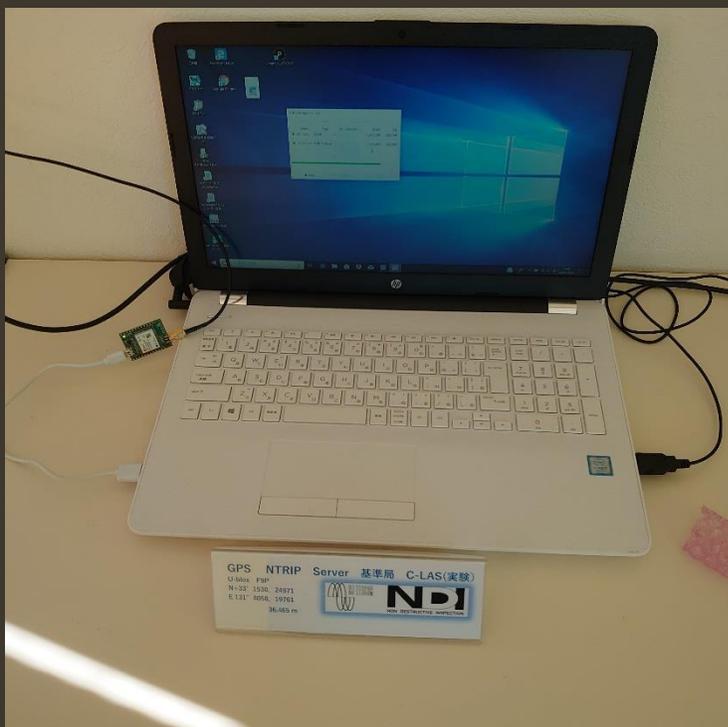
RTK測位には 基準局 (Base)と移動局 (Rover)が必要であり、BaseとRoverの相互距離は、10km以内が望ましいが、実質100km程度でも可能ということが分かった。

BaseとRoverは互いにインターネットを通じてデータの授受を行う。N-Trip方式を使いCQ出版社のサーバーを介してBaseの位置、補正データ (国土地理院 基準点等から算出) を常時Roverに提供してRover側にて自己位置の算出を行う。

必要な機材

- 1) 基準局 (Base) ① F9Pユニット ② GPSアンテナ (F9P対応) ③ インターネット回線
④ 通信用パソコン もしくは ラズベリーパイ (マイコン)
- 2) 移動局 (Rover) ① F9Pユニット ② GPSアンテナ (F9P対応) ③ インターネット回線
④ 通信用パソコン (データ処理) ⑤アンテナマウント (グランドプレーン)
- 3) ソフトウェア U-Center (F9Pのセットアップ用: 単独測位で使用可能 基準局不要)
RTK-LIB (サーバーとの通信及び測位データ処理)
どちらも無料ダウンロード

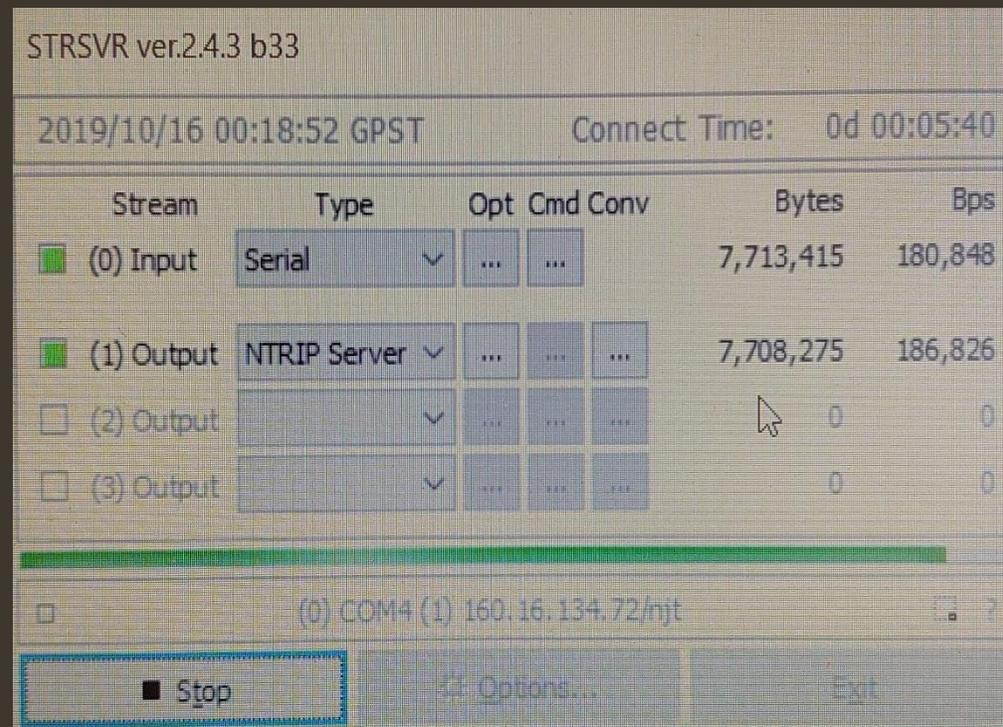
基準局 (Base)レイアウト



基準局用パソコン
基準局データをサーバー
に連続して送信



自社倉庫 屋上に取り付けた
基準局アンテナ



RTK-LIB のソフトウェア
STRSVRでデータを連続送信中

移動局 (Rover)レイアウト



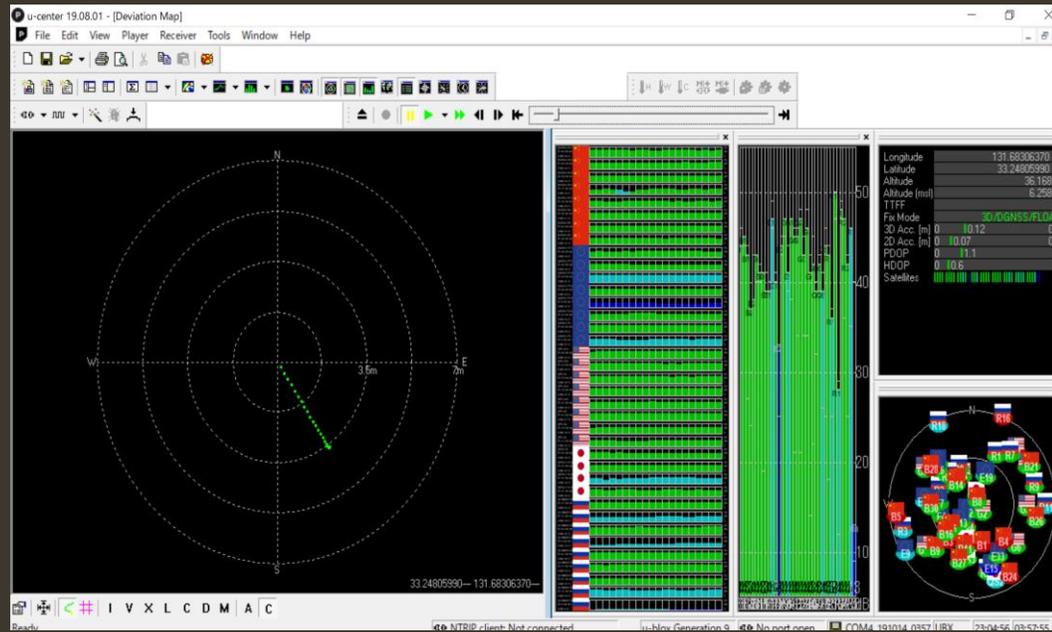
ハンディタイプのレーダーに搭載した状況

高さ2mのアンテナ（三脚改造）と
タブレットパソコン

アンテナ（グランドプレーン：アル
ミ鍋の蓋を自作代用 タブレット
PCの横にF9Pユニット）

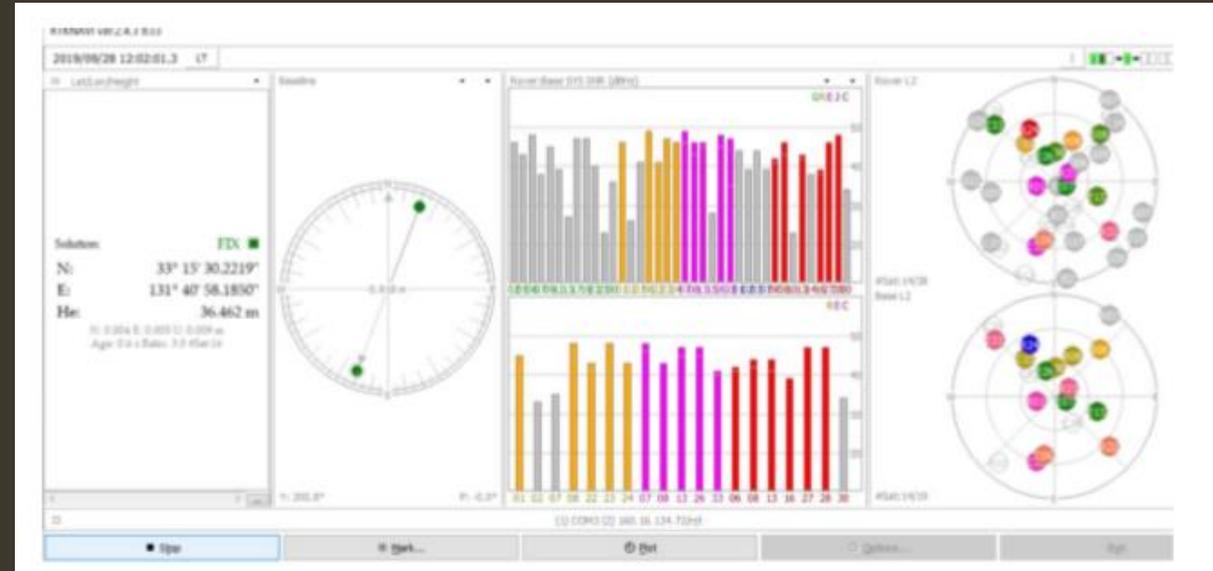
実測状況

U-Centerにて単独測位の状況(誤差2m程度)



RTK-LIBによる実測

BASEとROVERの距離測定結果 誤差3.5cm以内に収束

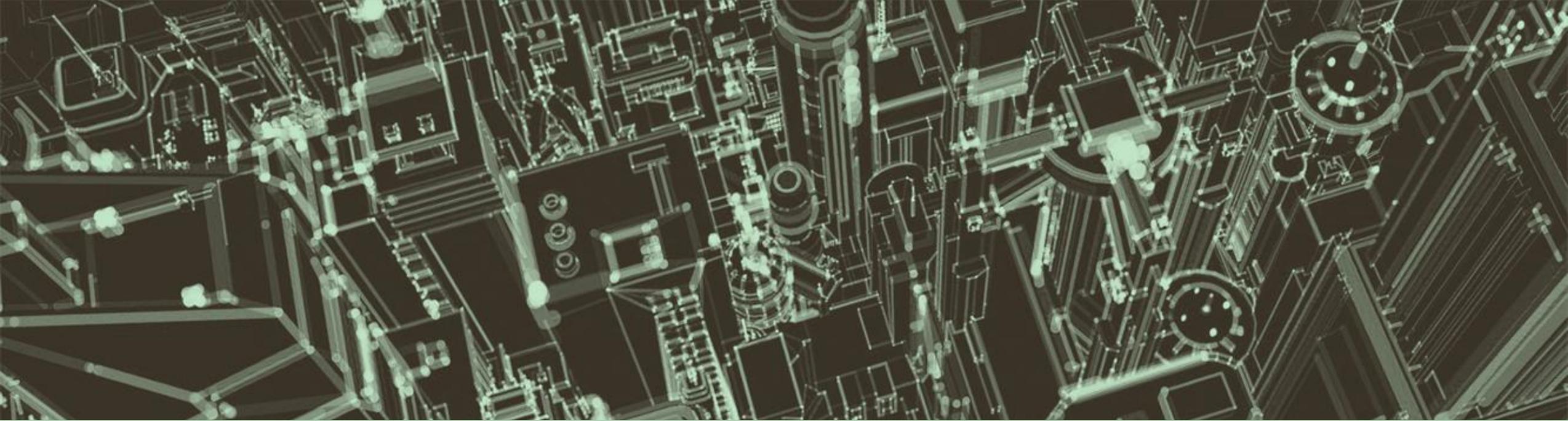


RTKPLOTTによる表示

X軸 最大-3.5 cm Y軸 最大-1.2 cmの範囲でプロット(測定時間 約5分)

図2





測位結果をGoogle Earthにて展開

測位のズレを修正

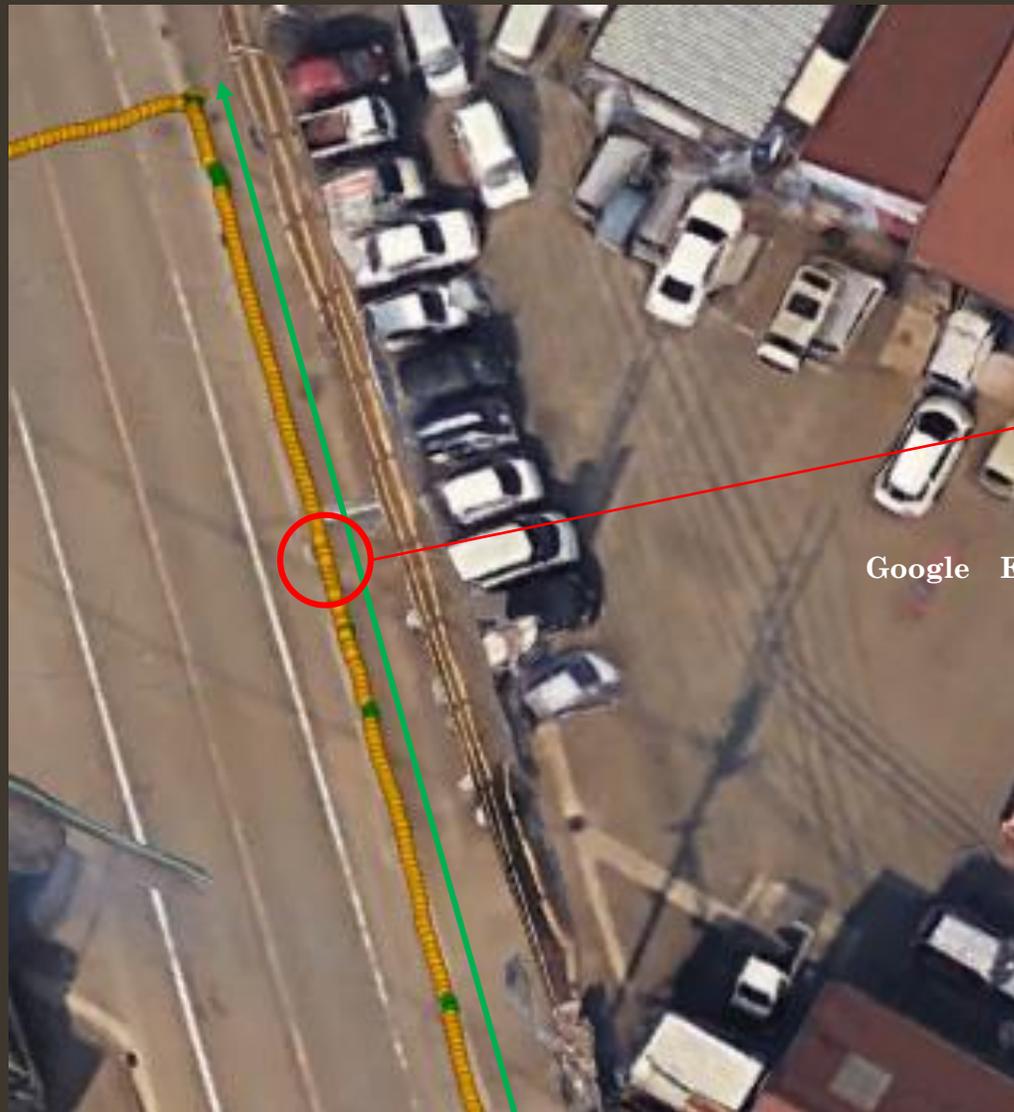


▲ データの区切り

徒歩による測位とGoogle Earthでの展開結果 歩行軌跡(ライトレース)



徒歩による測位とGoogle Earthでの展開結果 部分拡大図



Google Earthにて展開されたライン



実際に歩いたライン (実際のアンテナ位置)

60cm

得られた現象

GPSアンテナの進行方向左側に対して約60cmのズレが生じる。
(東西南北を問わず) 進行方向へのズレはほぼ数cmに収まる。



車両(移動体)による測位とGoogle Earthでの展開結果 (単独測位 U-Centerにて N-Trip一部使用)

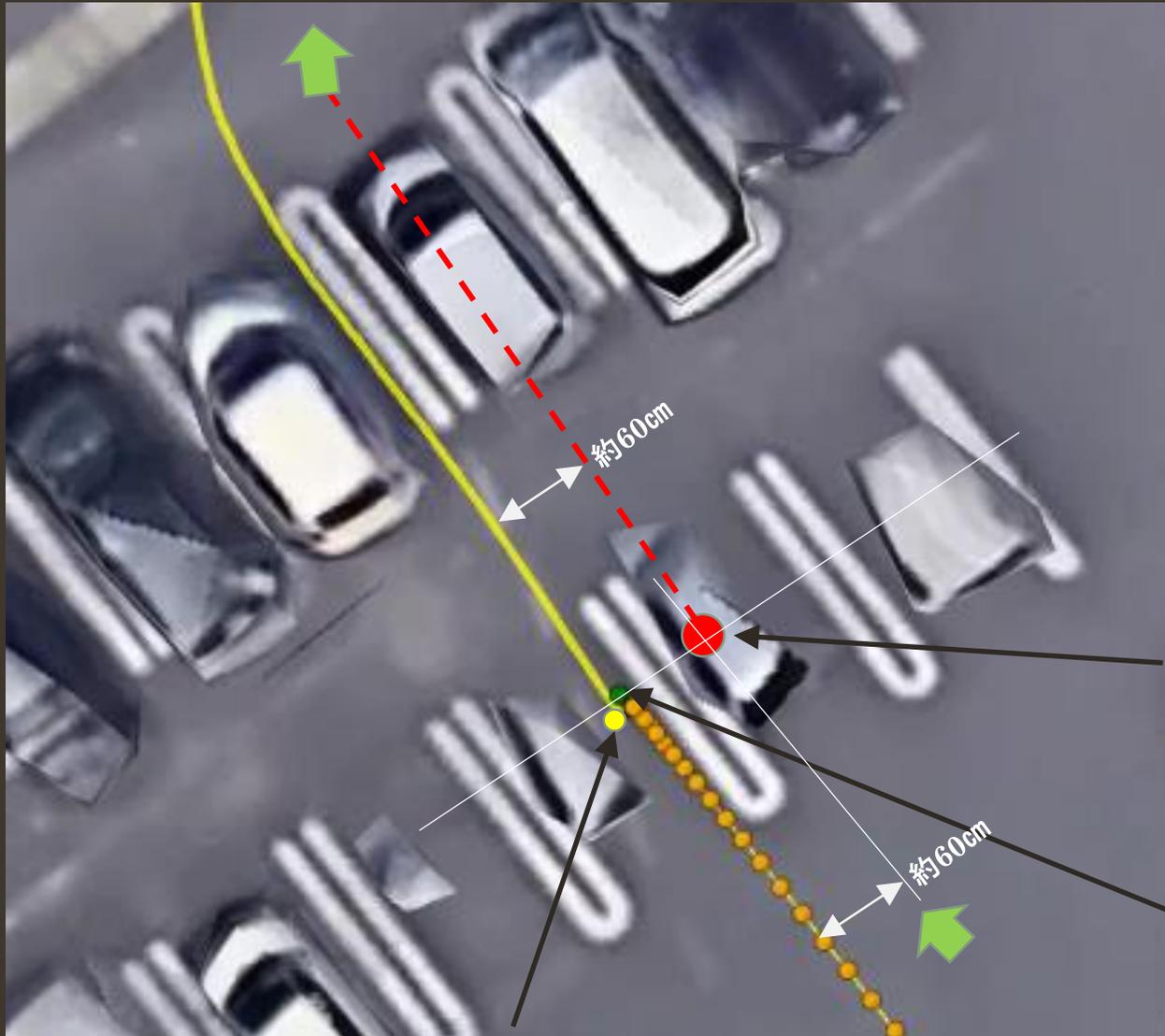


ファミリーマート駐車場
第2中継所 (データ区切り)
第1中継所から距離 約0.9km
ゴール (新日本テスコム) まで
約1.35km

株式会社新日本テスコム
スタート・ゴール

NAFCO鶴崎店駐車場
第1中継所 (データ区切り) スタートから直線距離 約1.15km

車両(移動体)による測位とGoogle Earthでの展開結果 第1中継所での検証



- ・ 第1中継点 (NAFCO鶴崎店駐車場) において RTK測位 (N-Tripサーバー使用) で進入・停車を行った。
(グリーンのマーカー)
- ・ その後第2中継点へ出発する。
(イエローのマーカー)
- ・ 実際の停車位置をレッドのマーカーに示す。
実際の停車位置・軌跡とGoogle Earthに示すマーカーと
トレースラインには概ね60cmのズレが生じた。
- ・ 第2中継点でも同様な現象が生じた (ズレ60cm) これは徒歩による測位と同じ現象であった、
- ・ 移動中の誤差も同様に進行方向左側に60cmのズレが生じていた。
- ・ 進行方向に対してはほぼ数cm以内のズレ

実際のGPSアンテナの位置
Google Earthにて展開したトレースラインと
約60cmのズレを確認した。

RTK測位 (2周波) N-tripサーバー使用による軌跡と停車位置グリーンのマーカー表示位置

単独測位 (2周波) による軌跡
U-centerソフトウェアにてロギング
出発位置 イエローのマーカー表示位置

国土地理院 基準点成果表と F9P Rover測位 結果比較 (基準点を正とする。)

基準点成果表	
2級基準点 2-2	
点名	2-2
座標	B 33.15364205 X 29052.765 L 131.40523730 Y 63468.498 H 2.978
ジオイド高	31.361
所在地	大分県大分市大字三佐1433番地 1 地先
等級	2級基準点
測量方法	GPS測量

基準点データ
 B 33.15364205 X 29052.765
 L 131.40523730 Y 63468.498
 H 2.978
 ジオイド高 31.361
 大分県大分市大字三佐1433番地 1 地先
 2級基準点
 GPS測量



ROVERによる取得データ
B 33.153639 誤差 30 cm以内**
L 131.405237 誤差 5 cm以内**
 小数点以下6桁目は10cmの表示。
 小数点以下7桁目は 1 cmを表示。
 小数点以下8桁目は1mmを表示

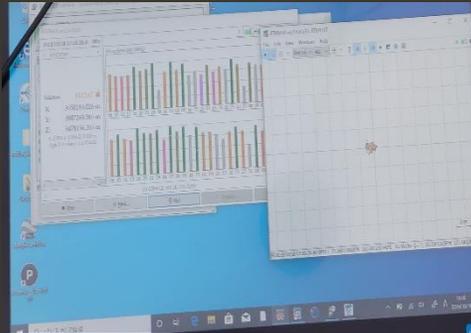


基準点での測位状況

結論として
 F9Pの測位による性能は間違いなく高性能で緯度表示の誤差30cmは基準局の精度(24時間測位の平均)による誤差が大きく影響しているものと思われる。
 基準局の精度向上は今後 検討の余地があるが特に使用上 差支えないと判断する。

2級基準点の記	
点名	2-2
座標	B 33.15364205 X 29052.765 L 131.40523730 Y 63468.498 H 2.978
ジオイド高	31.361
所在地	大分県大分市大字三佐1433番地 1 地先
等級	2級基準点
測量方法	GPS測量

基準点目印



測位中の表示画面

また、本データをGoogle Earthにて展開すると概ね西方向に60cm程のズレが生じた。原因はつかめないがGoogle Earthそのものを100%信頼することは難しい。
 ただし、実用上は常に進行方向の左側に約60cmズレが生じることを前提に使用すれば良い。

ハンディタイプレーダーに搭載して実験



GSSI社製 SIR-DFにF9P (Rover)を搭載して測位を行った。
この場合、単純に搭載したのみで レーダー本体のソフトウェアとは一切リンクさせていない。
データ採取は
地中探査レーダー波形 (1 Ch ロータリエンコーダーにて距離捕捉)
GPS測位データ (RTK測位)
である。
自社基準局との距離は15m~60mの範囲内
BaseとRoverの位置のズレは10cm以内であったが、Google Earth上に展開した場合、進行方向左側に最大20cmほど見せかけ上のズレが生じた。



起点

終点

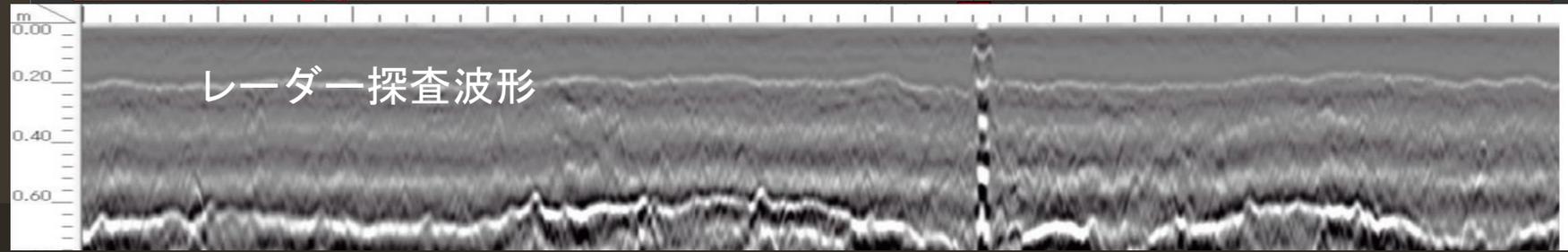
Google Earthにて測位データを展開

Google Earth

グラフ 最小、平均、最大 高度 3.3 3.3 m
範囲の合計 距離 54.9 m 高度の上昇/下降 0.14 m、最大傾斜角度 0.0% 平均傾斜角度 0.0%

標高表示 (カーソルをスライドして距離表示可能)
リンクして同時に移動

3 m
0.0%



レーダー探査波形

左に示すように
・ Google EarthとGPSデータ展開 (トレース)
・ 高度プロファイル表示による位置確認
・ 探査波形 (距離表示付き)
以上のデータをパソコン上で連動させることにより埋設物・空洞の平面位置特定精度の向上を図ることができる。
上記の表示をリンクさせるには緯度・経度情報に探査波形の距離情報と時間情報 (時分秒 0.2秒単位) が必要である。

徒歩で時速 4 kmの場合 約0.22mピッチでポイントマークされる。(1秒間に1.11m進む)
移動体 (車両) で時速40kmの場合、約2.22mピッチでポイントマークされる。(1秒間に11.1m進む)」

各種実験の結果

今回 F9P RTK測位 単独測位を徒歩、移動体（車両 時速40km）で実施した。
目的は本書の冒頭に示したように地中探査レーダ業務（ハンディ・車載）のデータとリンクさせて埋設物や空洞の位置特定に役立てることであった。
初期に設定した目指す条件の7項目すべてはクリアできた。

今後の課題は

- 1) GPSデータと探査波形をリンクするようなソフトウェアの開発。
 - 2) Google Earth展開時のズレの補正。
 - 3) 基準局の位置の精度向上
 - 4) すべての設定マニュアル作成
 - 5) 操作マニュアル作成
 - 6) 実験モデルのラインナップからほぼ製品のような仕上がりへの進化
- 以上 6項目が求められる。

F9P自体の評価

実際に使用した印象と精度を評価すると非常に優れていると考える。

- 1) 数年前までは300万円の装置と遜色のない精度を得られる。
- 2) わずか10万円ほどの投資（基準局・移動局）の設置ができて年間維持費が不要。
- 3) パソコン、タブレット、ラズベリーパイ等での応用が可能。（汎用性が高い）
- 4) 単独測位でも2m程度のズレで収まる。

改善を要する点として

- 1) 設定がビギナーには難しい。
- 2) 操作もビギナーには難しい。
- 3) N-Tripサーバーを外部に委ねることになる。（今回はCQ出版社を借用）将来の継続性に疑問。

あとがき

今回、初めてGPSに触れてみていろいろと勉強することが多かった。RTK測位、N-Tripサーバー、基準局、移動局や国土地理院 基準点などの名称を知ることとなった。おそらくGPSの入り口を多少覗いた程度のことであったと考える。今回の実験では自社の業務に多少なりとも付加価値をつけることができると確信するが考えようによれば「技術は常に生もの」であり先端技術も数年、いや数か月すれば革新的な技術がリリースされて今よりもローコストで簡単に扱えるデバイスやソフトウェアがリリースされるであろう。

数年後には「あの時はくだらないことをやっていたな」と思うはずである。今は電卓、昔は計算尺。固定用黒電話→携帯電話→スマホのように日進月歩である。いつかは古くなる技術であってもその中にどっぷりと浸り、現在の最先端を見るのも面白い。

以上