

リアルタイム小型ロケット 軌道表示システムの開発と評価

指導教員：福島 誠治

発表者：東迎 健太郎
とうげい けんたろう

目次

1. 背景
2. 提案
3. 実験と評価項目
 1. リアルタイム性
 2. 負荷耐性
4. まとめと今後の課題

1. 背景：福島研衛星班のこれまでの取り組み

- 福島研では人工衛星を作製し、機械工学PGの片野田研が作製した小型ロケットに搭載して共同で打ち上げ実験を行っている¹⁾。

ロケットの機体番号	初号機	2号機	3号機	4号機	5号機
衛星の機体番号			初号機	2号機	3号機
打ち上げ年月	2019.12	2020.12	2022.3	2023.3	2024.2

- 個人の経験：Web開発インターンシップやハッカソンを通じて様々なシステム開発

1) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jceeeek/2022/0/2022_177/_pdf/-char/ja

衛星4号機での取り組み

ミッション：リアルタイム軌道表示 (RTTD) システム



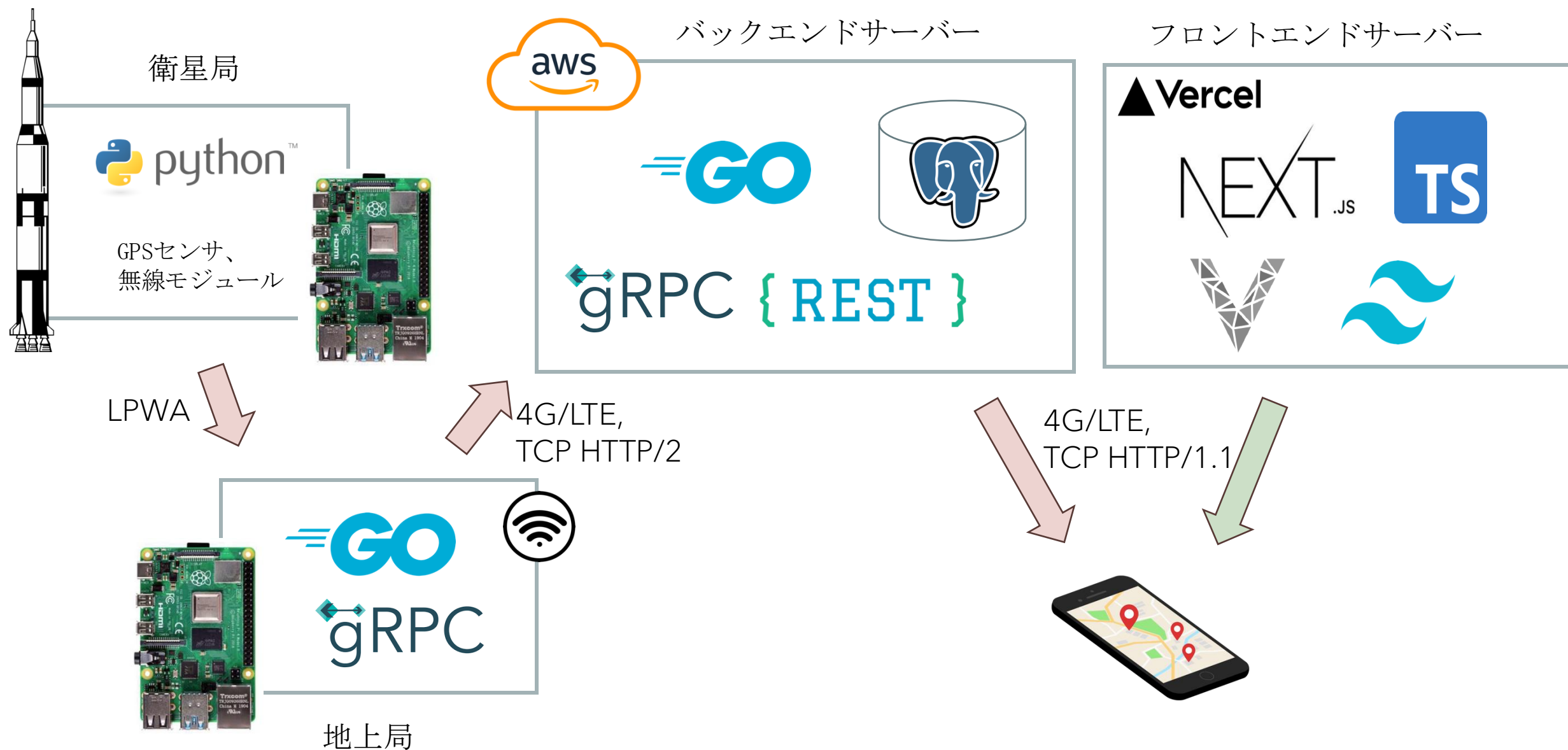
従来

- 数km上昇するため目視で確認できない。
- 打ち上げ実験を行う現地にいない人に打ち上げをリアルタイムに提供できない。
- 安全のため打ち上げ実験の全スタッフが飛行位置を確認する必要がある。

本研究のミッション

マップ上にロケットの位置情報をリアルタイム表示する。

2. 提案 (システムの構成と使用技術)



実装



163, 32

map

home

graph

3. 実験と評価

◆ リアルタイム性

システムのレイテンシによる評価を行う。目標値は200ms以下。

Jacob Dreyer (ノルウェー)

現在：フリーランサー (GeoSoft) | ソフトウェアエンジニア (Sekal)

経歴：リアルタイムシステム開発、リアルタイムデータのログサーバー

「特定のケースにおける実際のレイテンシは、プロデューサー、サーバー、クライアントの地理的な場所、およびデータの頻度と量によって多少異なる。一般的な値は 20～200 ミリ秒である。つまり、ミリ秒単位である。²⁾」

◆ 負荷耐性

システムがRTTDを提供できるクライアント数による評価を行う。目標値は100人以上。

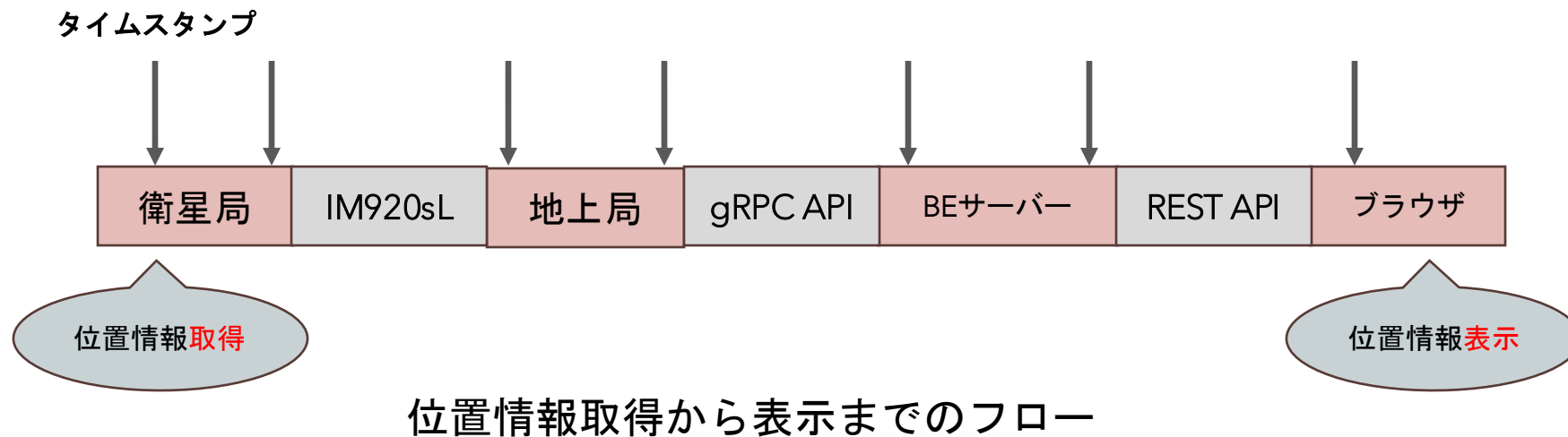
2) <https://www.linkedin.com/pulse/latency-real-time-systems-jacob-dreyer/>

3.1 リアルタイム性測定実験

場所： 鹿児島大学農場

概要： 衛星局と地上局の距離を10m離す。
マップ上に100点以上の軌跡をプロットする。

レイテンシーの評価を行う。
処理に時間がかかっている場所を見つける。

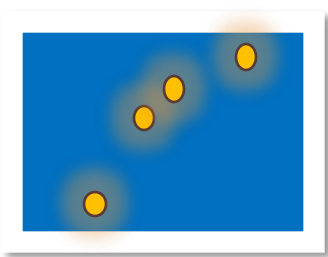


リアルタイム性測定実験結果

試行 [回目]	データ数 [個]	衛星局[ms]		地上局[ms]		バックエンド[ms]		ブラウザ [ms]	全体[ms]
		取得	終了	開始	終了	開始	終了	表示	
1	115	13.17	37.36	1.09	100.36	3.34	58.73		214.06
2	115	14.92	87.56	0.21	65.89	3.53	65.03		237.14
3	126	12.66	93.37	0.26	69.62	3.81	66.65		246.37

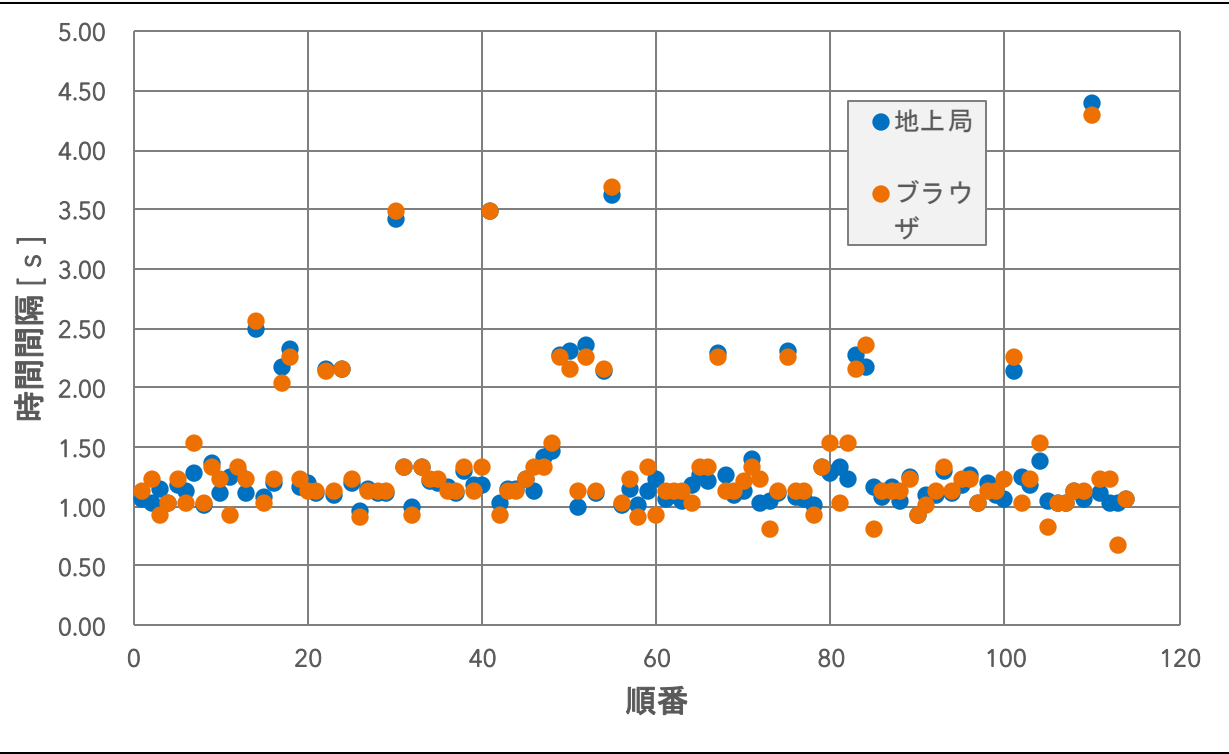
試行3回の平均よりレイテンシは 232.52msとなる。目標値200ms以下に収めることはできていない。

リアルタイム性測定実験結果(データ 到達平均時間間隔およびジッター)

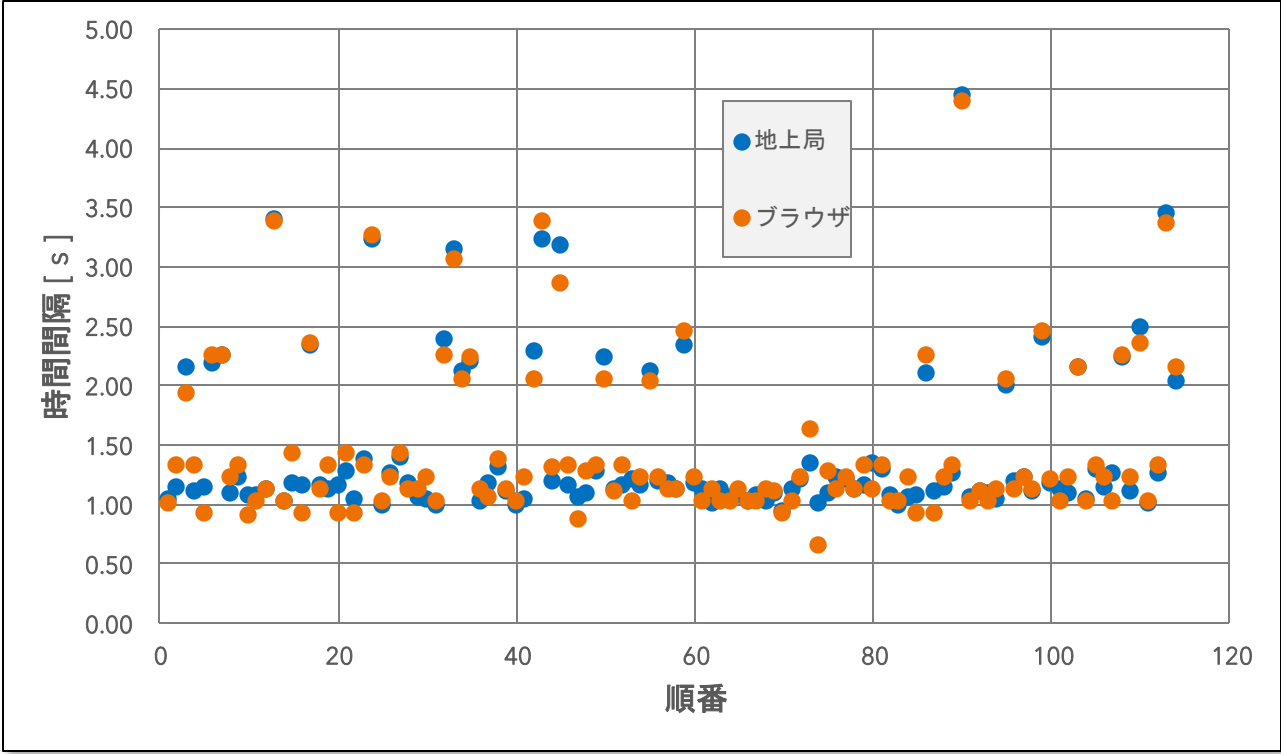


- 試行1 : 平均時間間隔 : 1.375s, 標準偏差(ジッター) : 0.596s
- 試行2 : 平均時間間隔 : 1.452s, 標準偏差(ジッター) : 0.654s
- 試行3 : 平均時間間隔 : 1.493s, 標準偏差(ジッター) : 0.667s

地上局とブラウザのデータ到達時間間隔の変動は近似している。衛星局の動作ロジックや無線モジュールによるデータ損失が大きく影響していることが分かる。



試行1

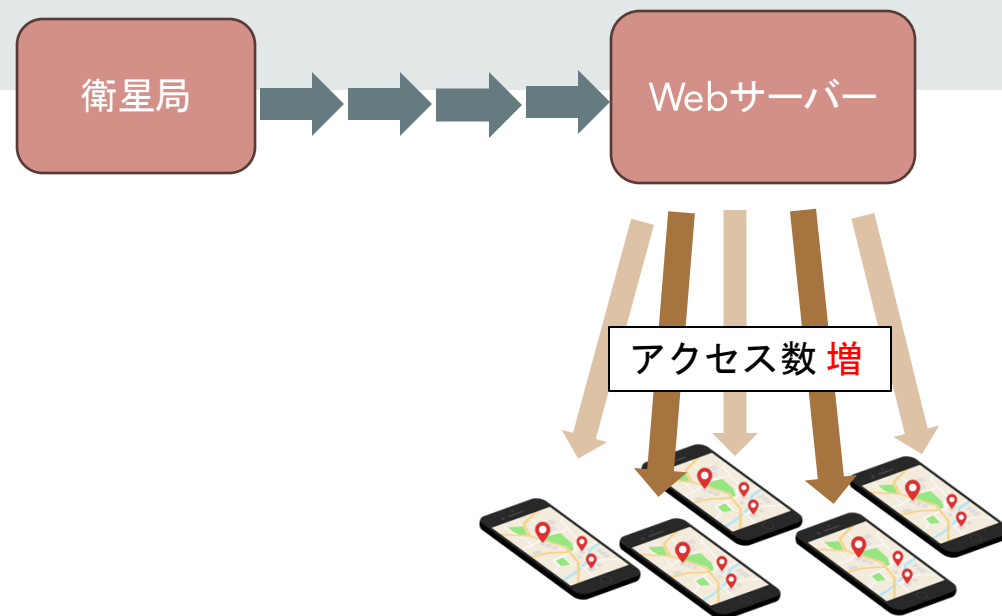


試行2

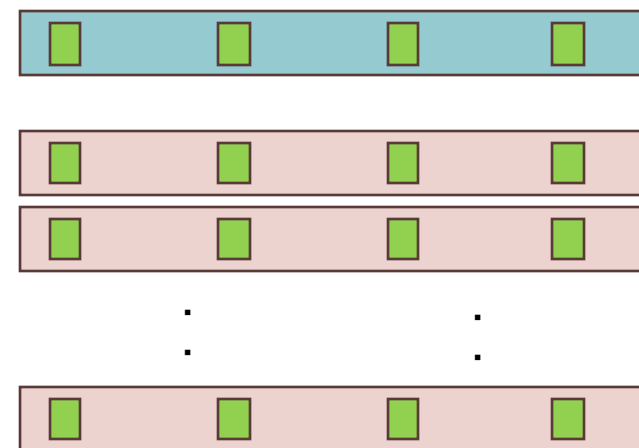
3.2 負荷耐性測定実験

RTTDシステムに接続するクライアント数が増加したとき、システムが各クライアントに対してリアルタイム軌道表示を提供できるかを試す。

概要： 一台のPCからgRPCリクエスト(地上局-バックエンド間)、RESTリクエスト(ブラウザ-バックエンド間)を行う。
gRPCリクエストは100個の位置情報(仮)を1.5秒間隔で送信する。
100～1000人で行い、詳細の結果は100、500人の場合のみ示す。
使用Wifiは123.1Mbps (UL), 72.1Mbps (DL)。



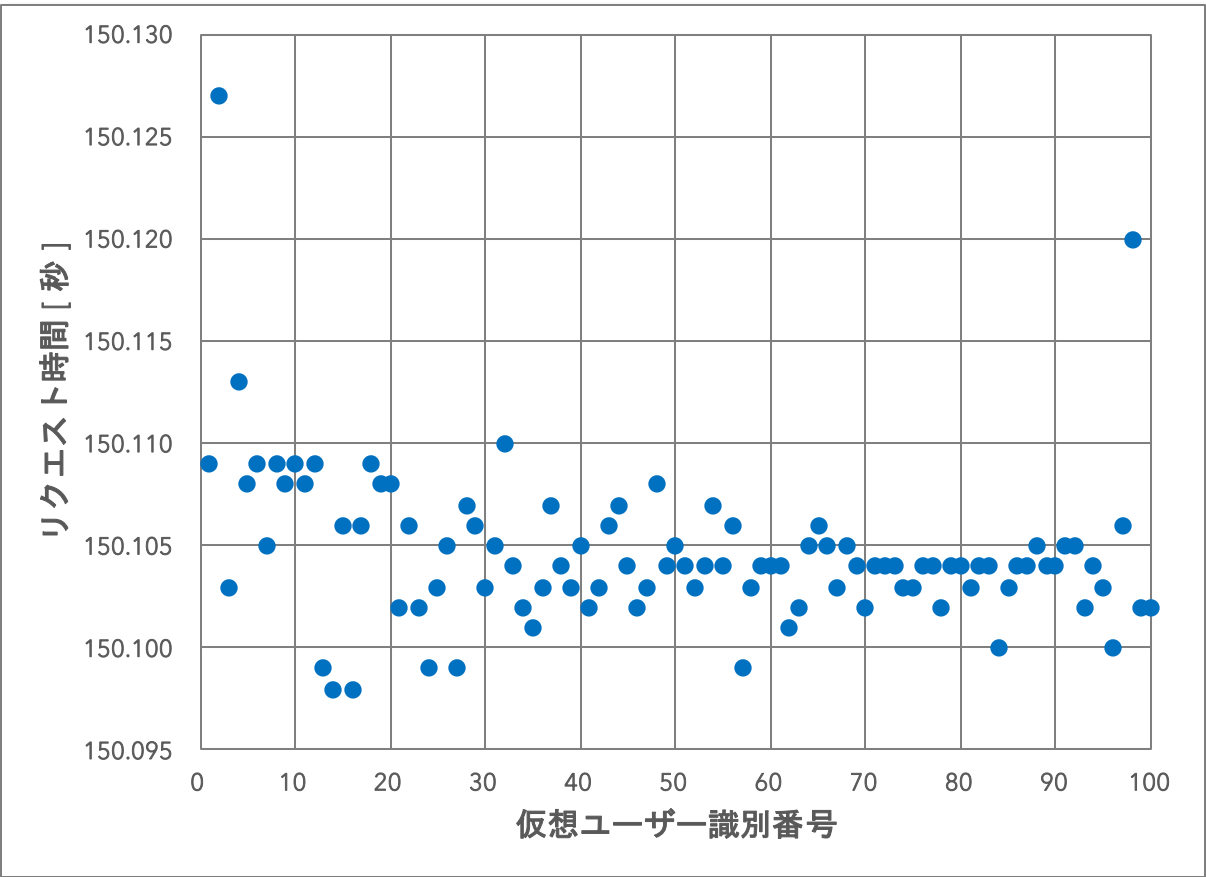
gRPC→



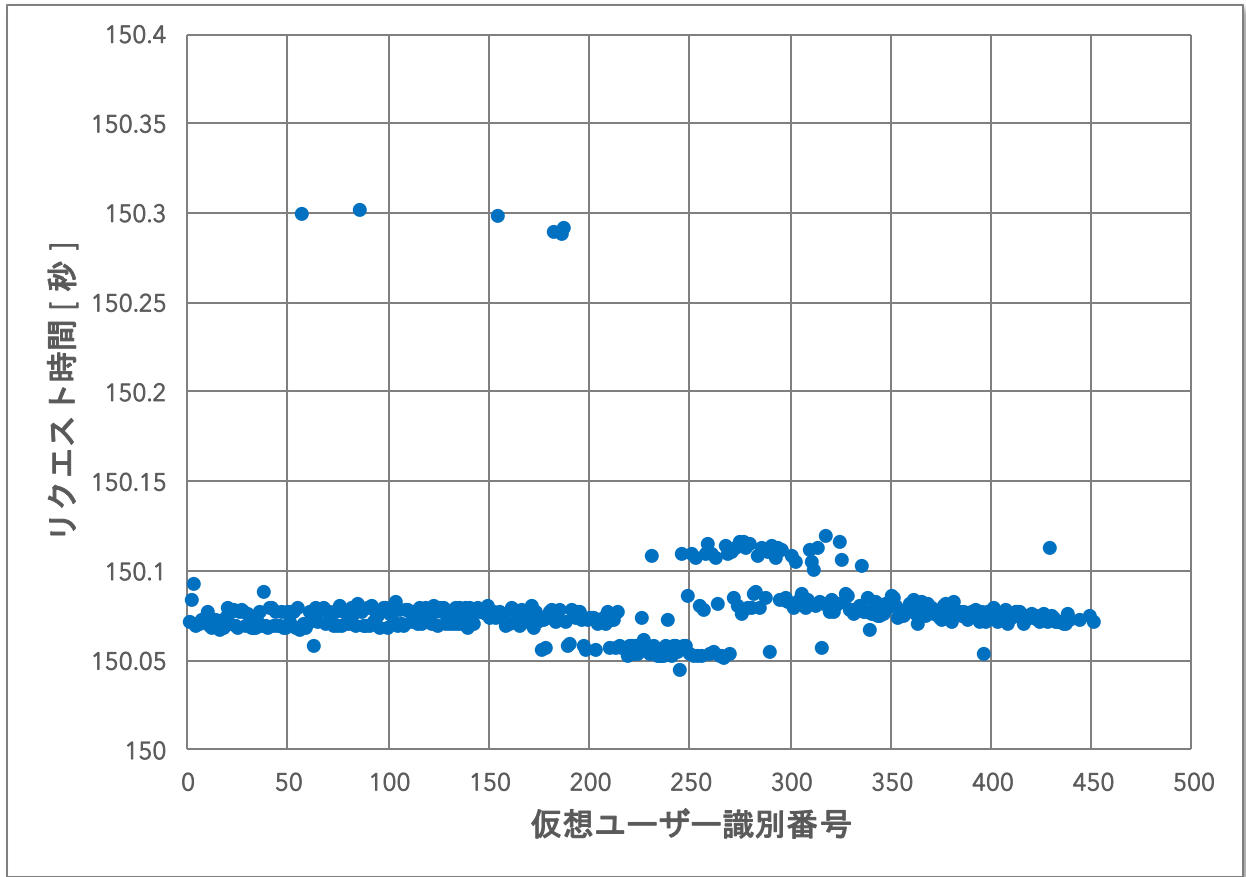
Webサーバー

←REST

各ユーザーのリクエスト時間(100人、500人の場合)



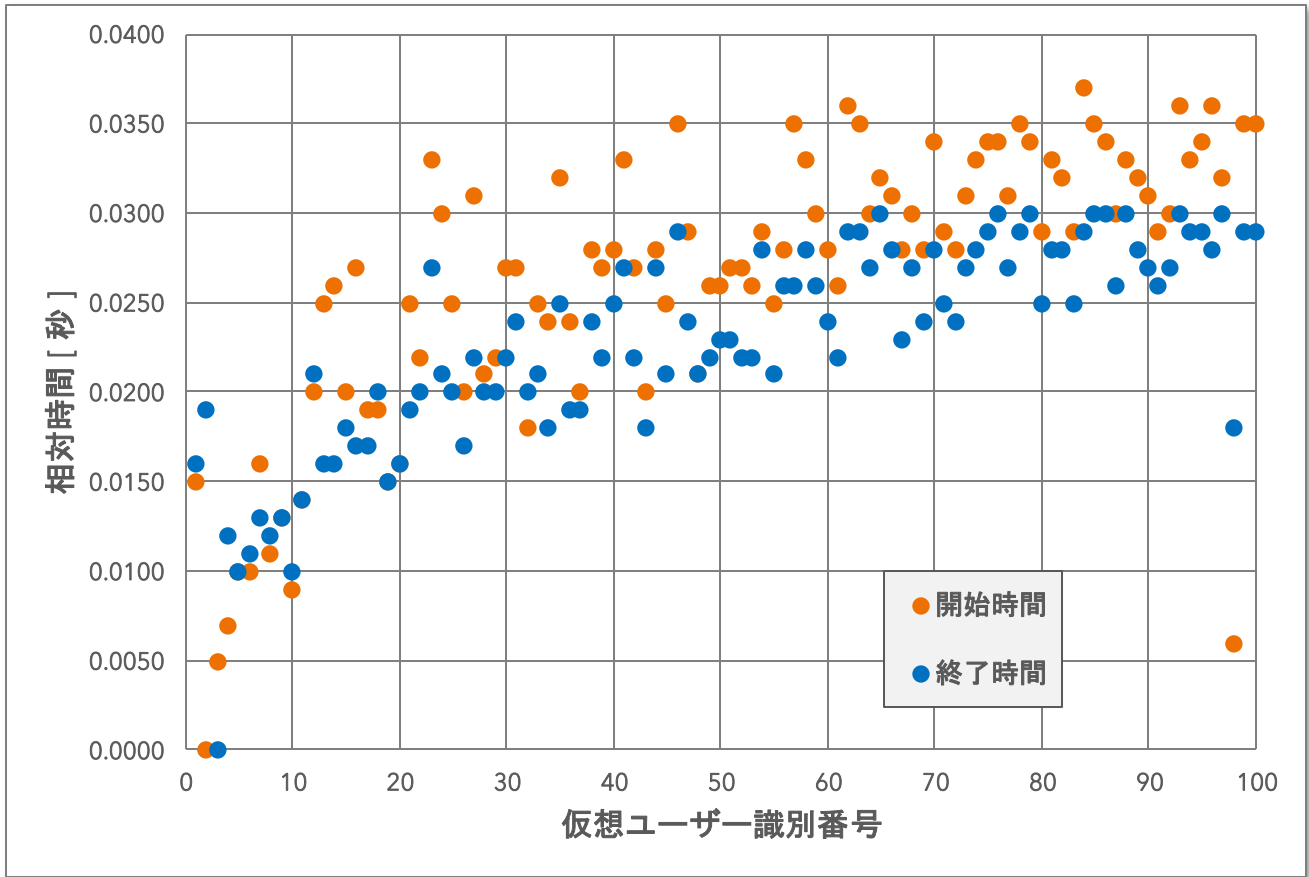
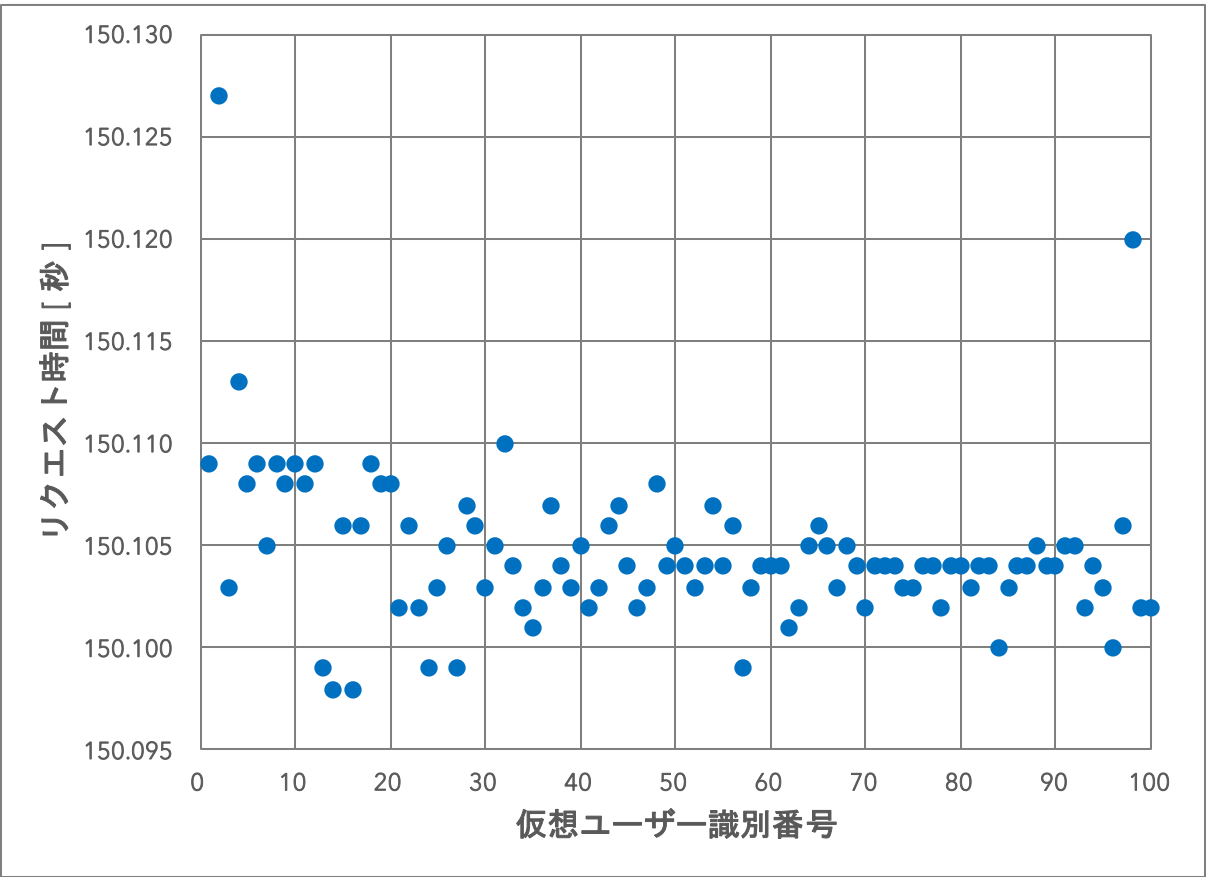
100/100人が全データを取得できた。



442/500人が全データを取得できた。

リクエスト時間：ほぼ全てのユーザーに対して一定の時間である。

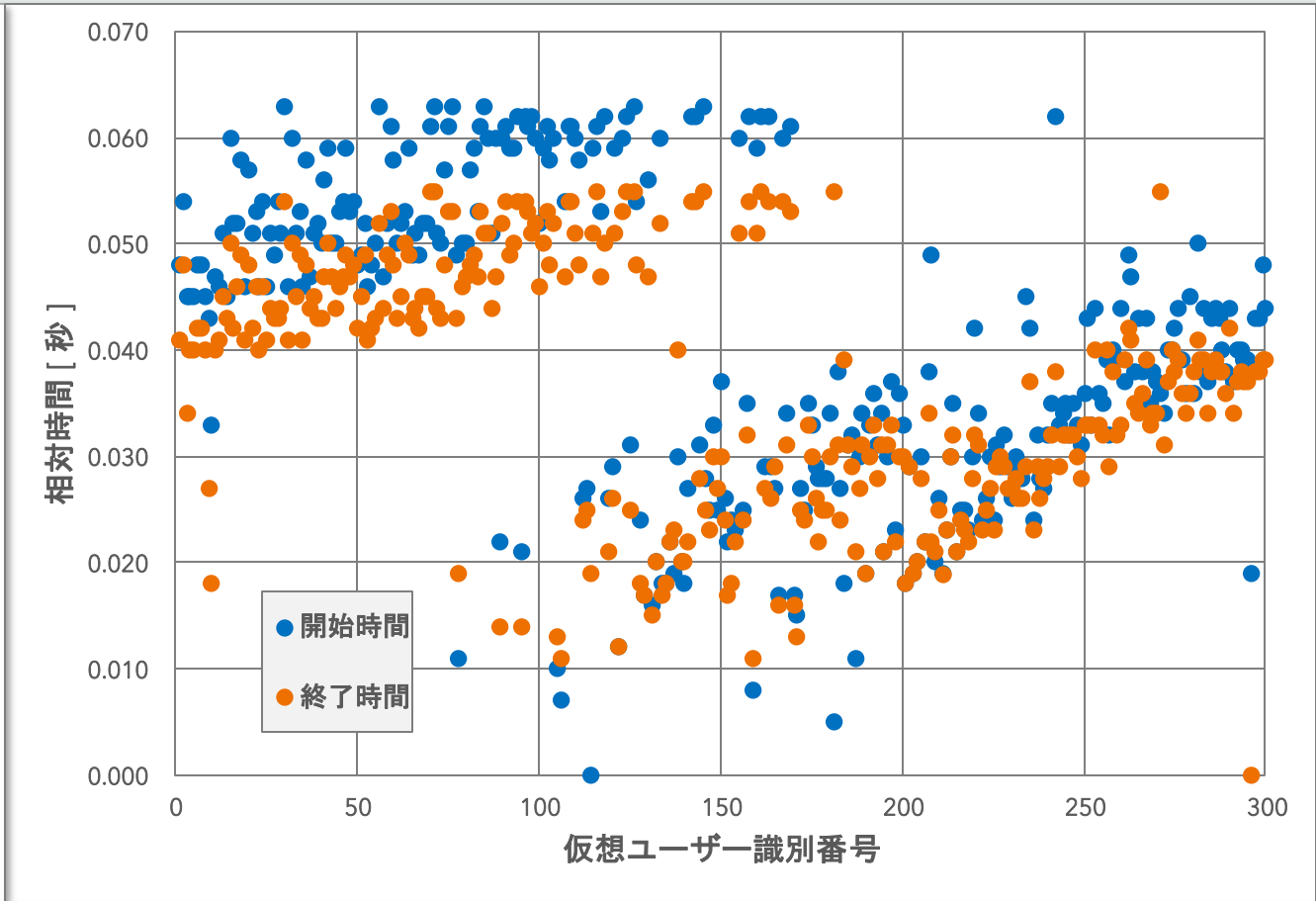
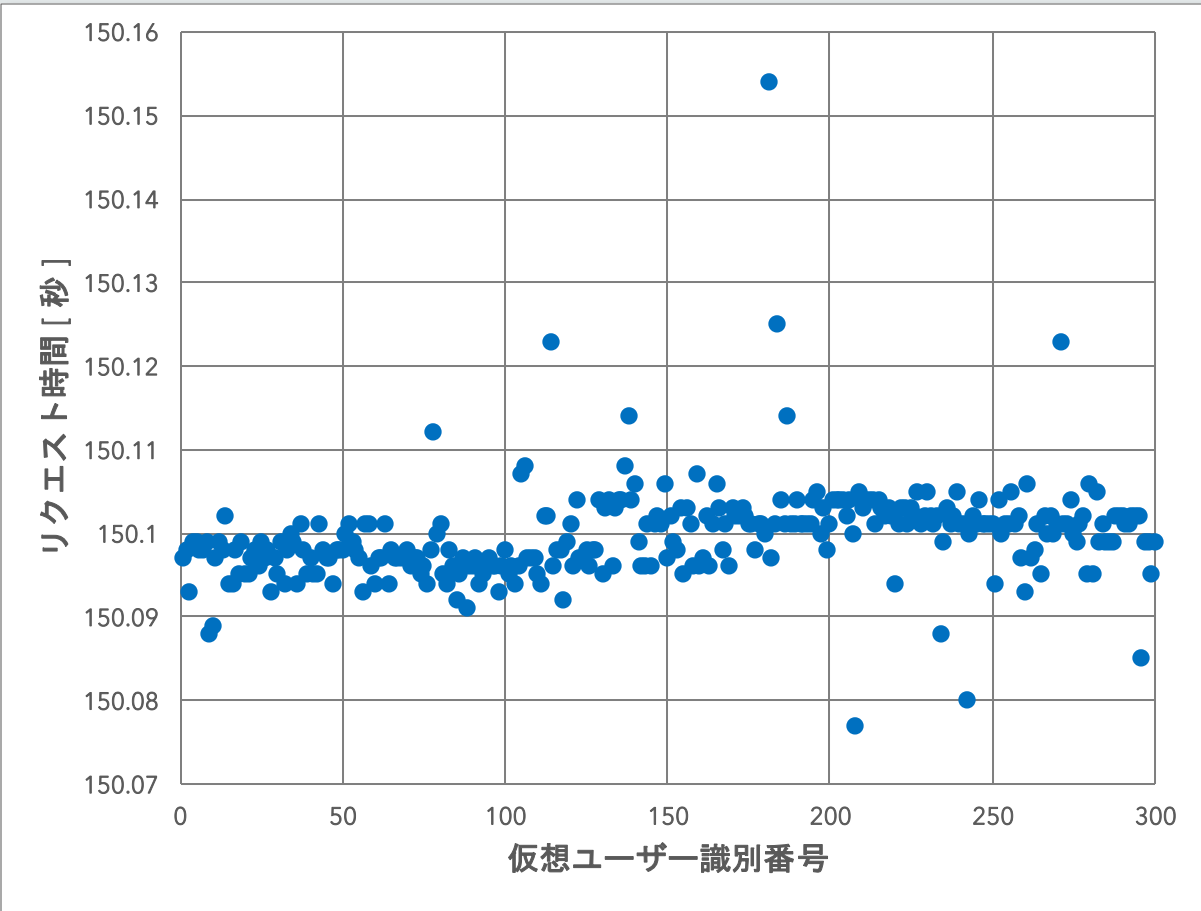
仮想ユーザー100人に対するリクエスト時間(左)およびリクエスト開始・終了時間(右)



リクエスト時間：ほぼ全てのユーザーに対して一定の時間である。

開始・終了時間：識別番号が大きくなるごとに開始・終了時間が遅れている。

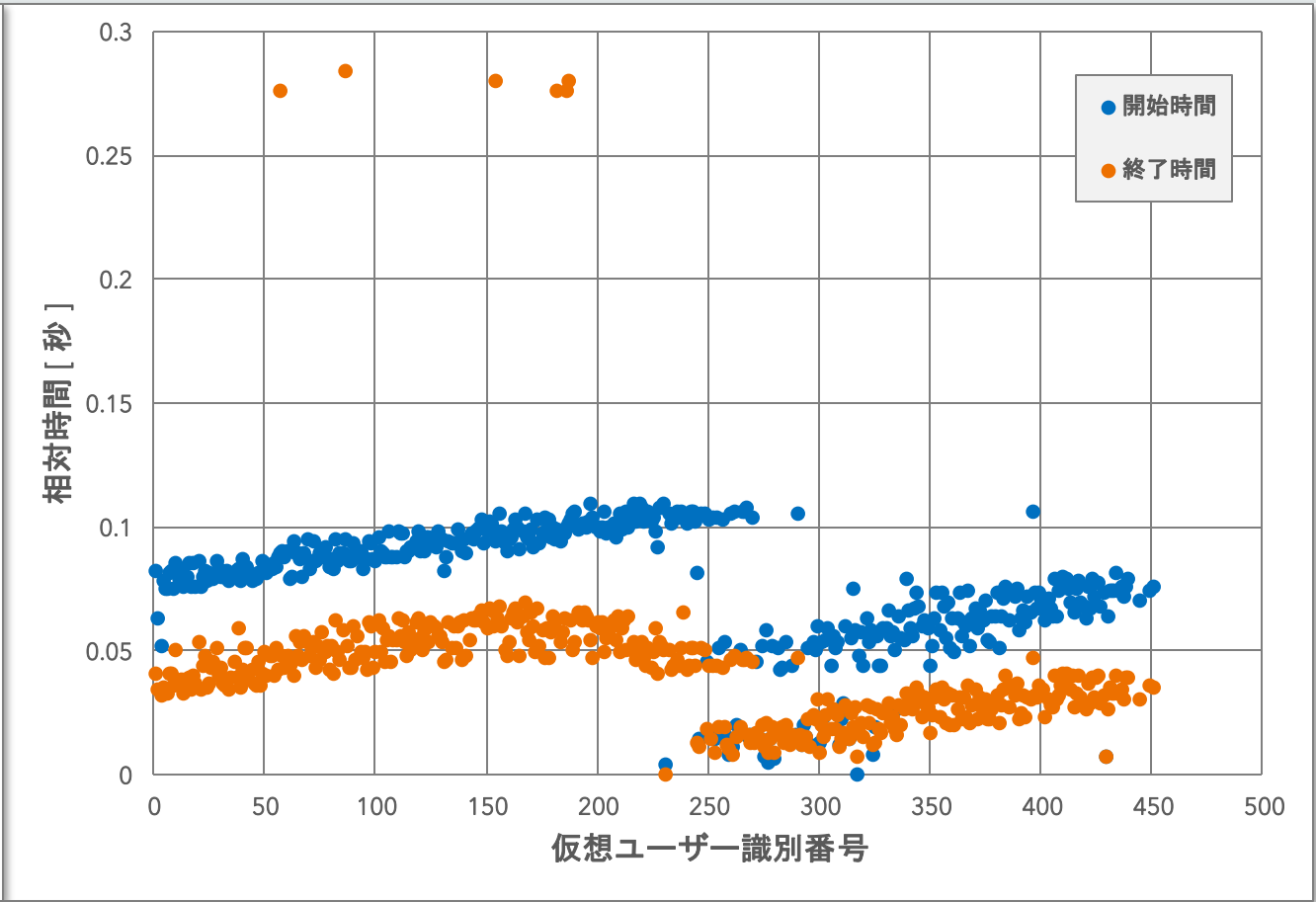
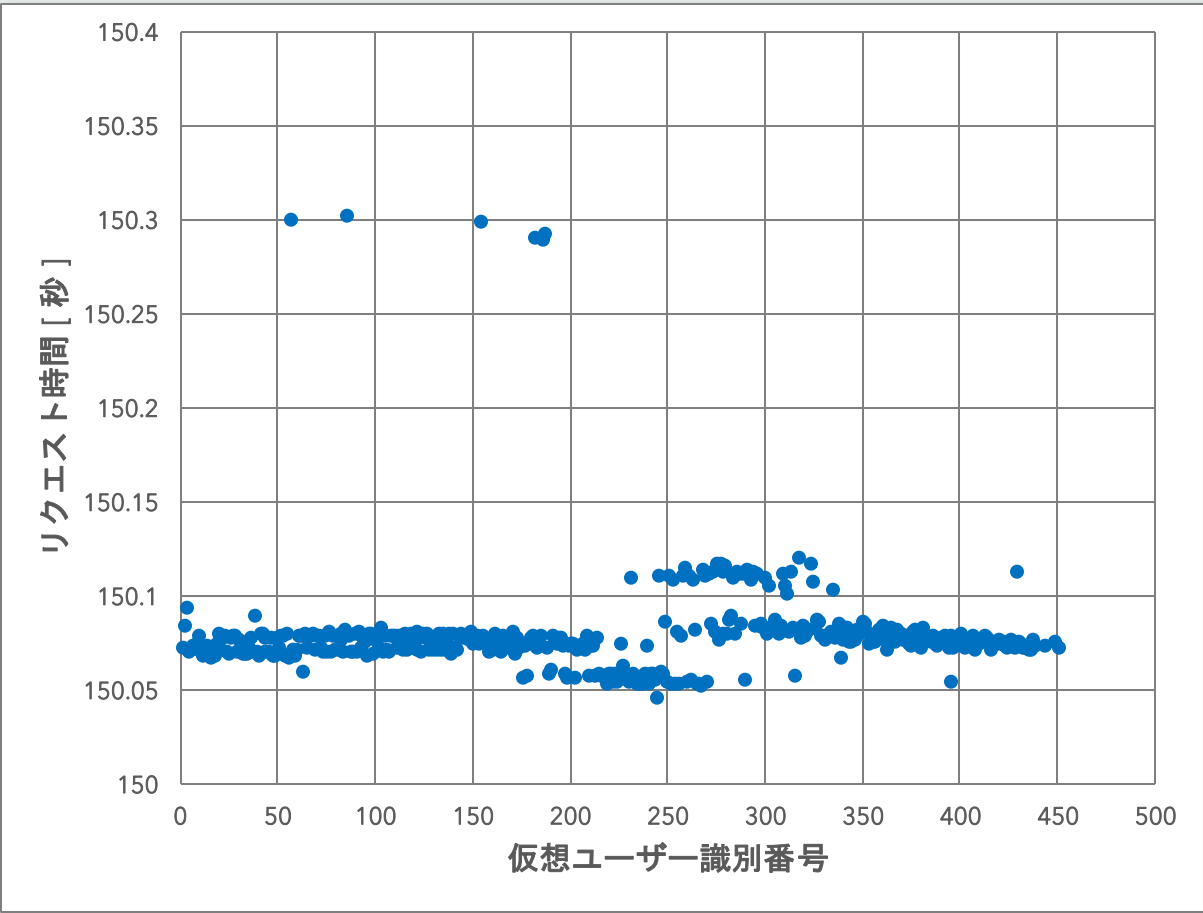
仮想ユーザー300人に対するリクエスト時間(左)およびリクエスト開始・終了時間(右)



リクエスト時間：ほぼ全てのユーザーに対して一定の時間である。

開始・終了時間：開始・終了時間が右上がりになっている区間が2箇所ある。

仮想ユーザー500人に対するリクエスト時間(左)およびリクエスト開始・終了時間(右)



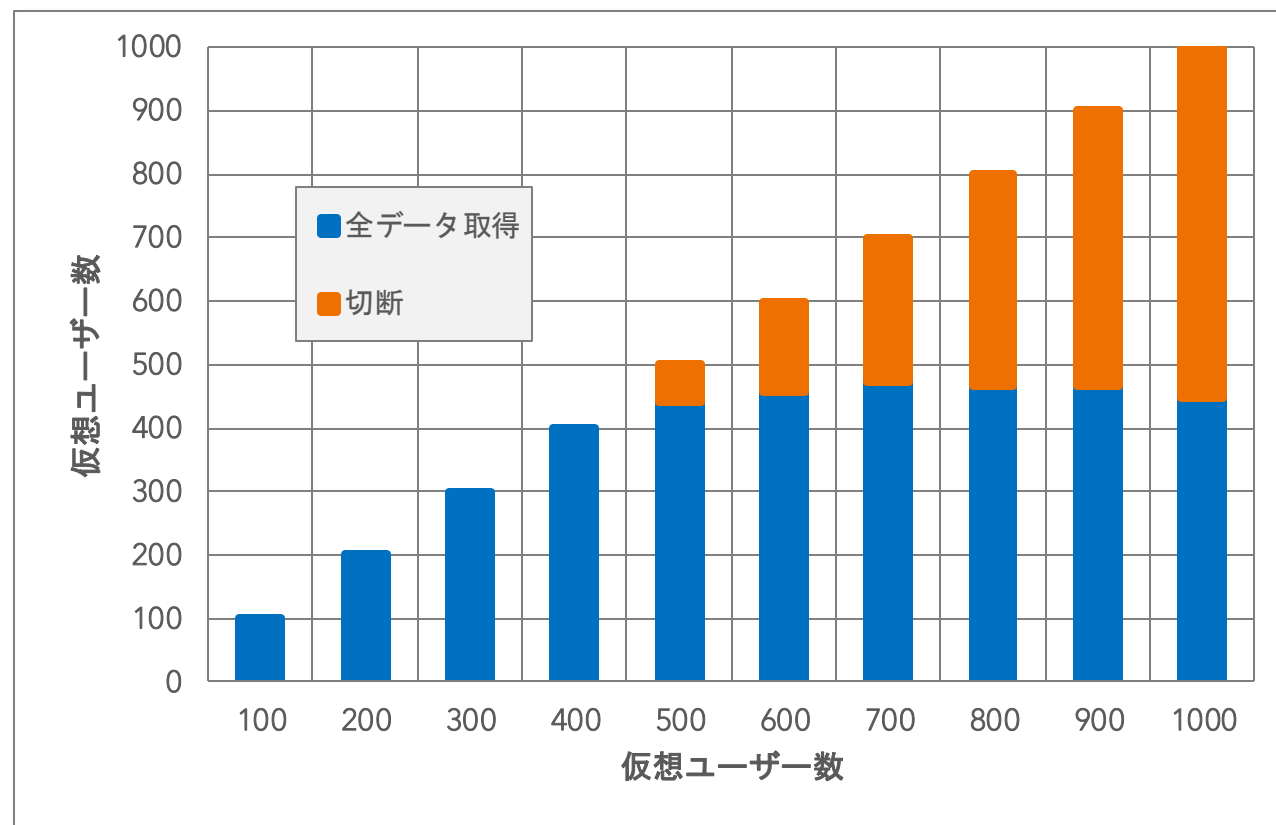
58/500人は切断された。

リクエスト時間：ほぼ全てのユーザーに対して一定の時間である。

開始・終了時間：開始・終了時間が右上がりになっている区間が2箇所ある。

負荷耐性測定実験結果

RTTDシステムに同時に接続できる
クライアントの数は約450人



4. まとめと課題

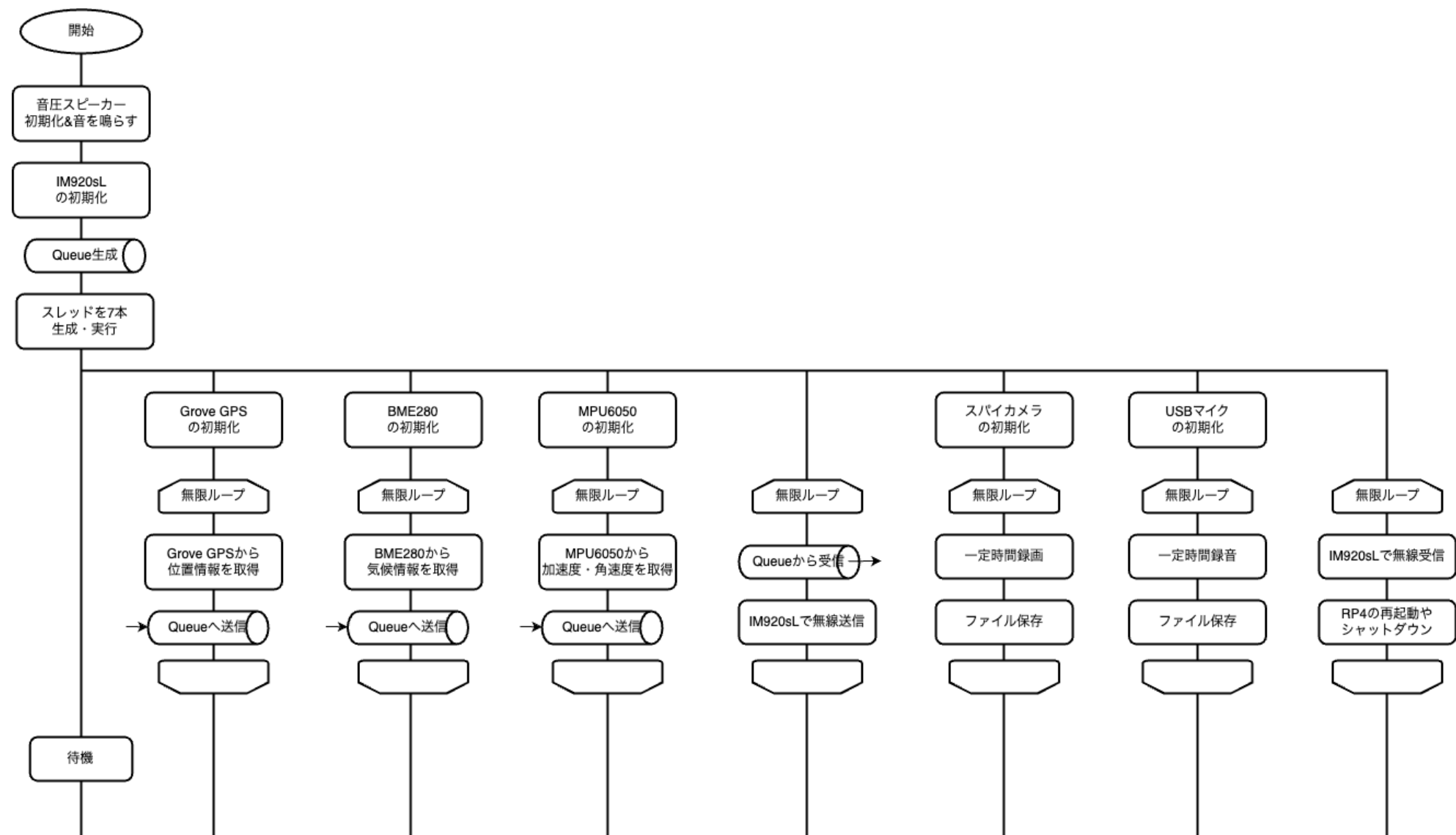
まとめ

- ✓ RTTDシステムの構成を検討し、開発を行った。
- ✓ 実装したシステムを用いて実験を行い、リアルタイム性と負荷耐性の評価を行った。

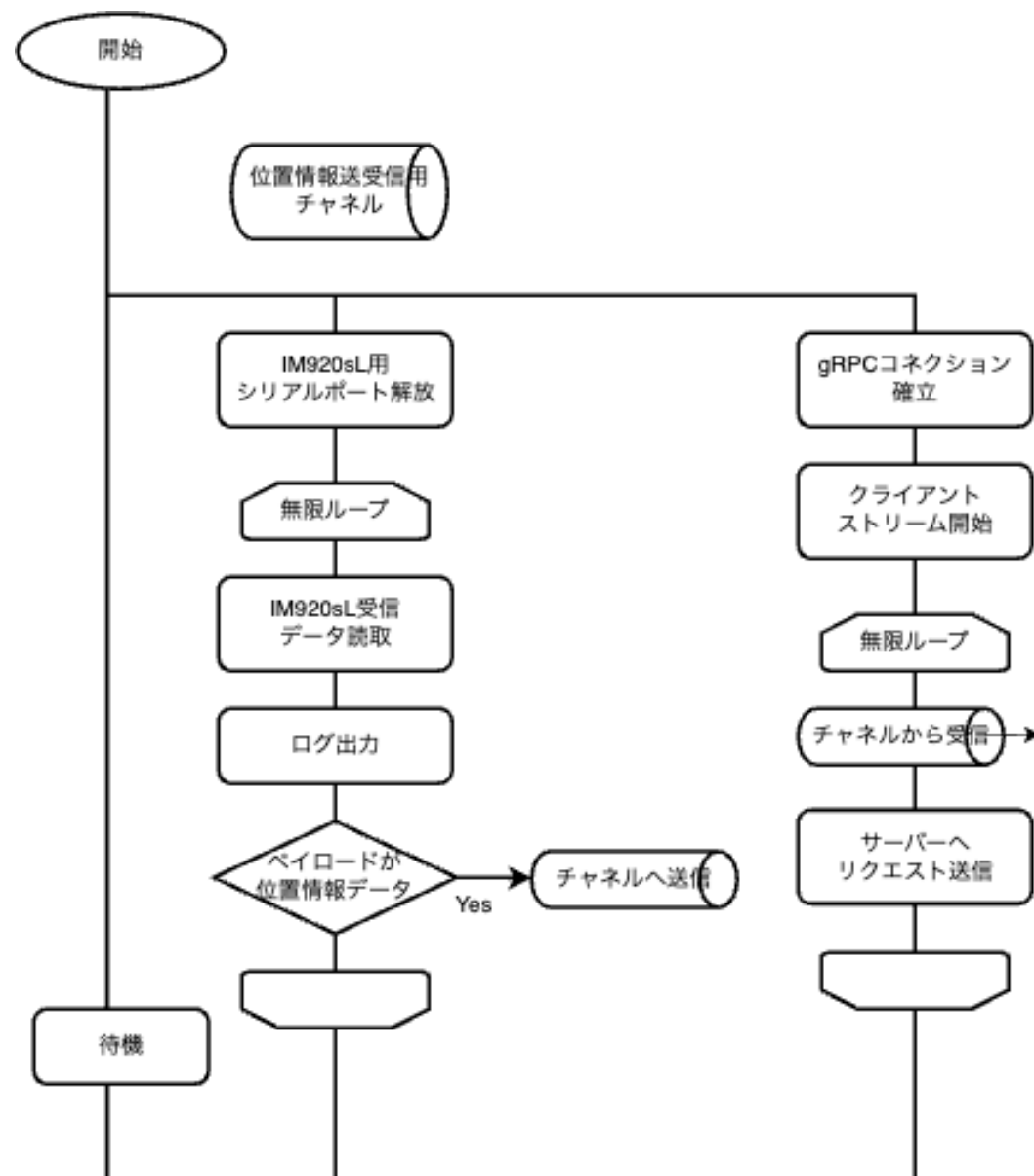
課題

- バックエンドサーバーのスペックを上げると接続可能クライアント数が増加するか試す。
- 今後の打ち上げ実験のための追加の機能の実装を行う。

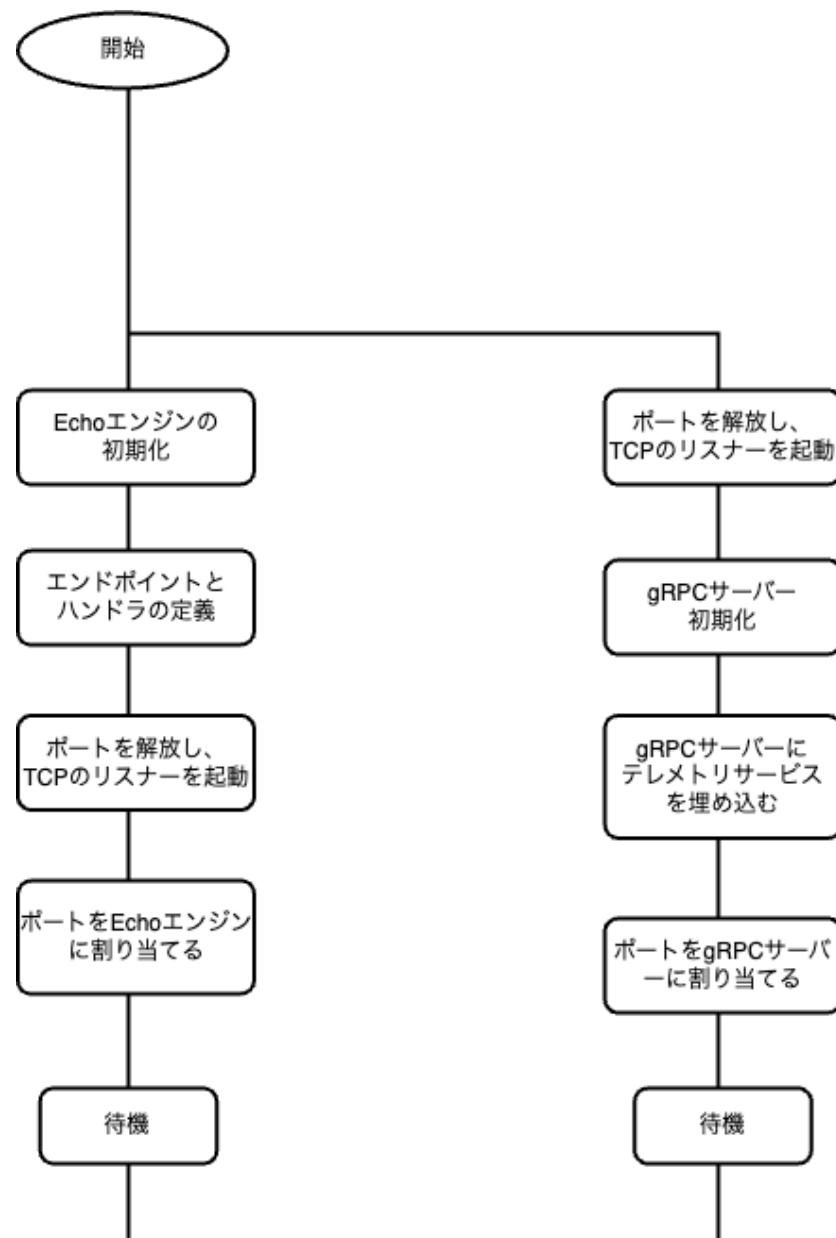
衛星局ロジック



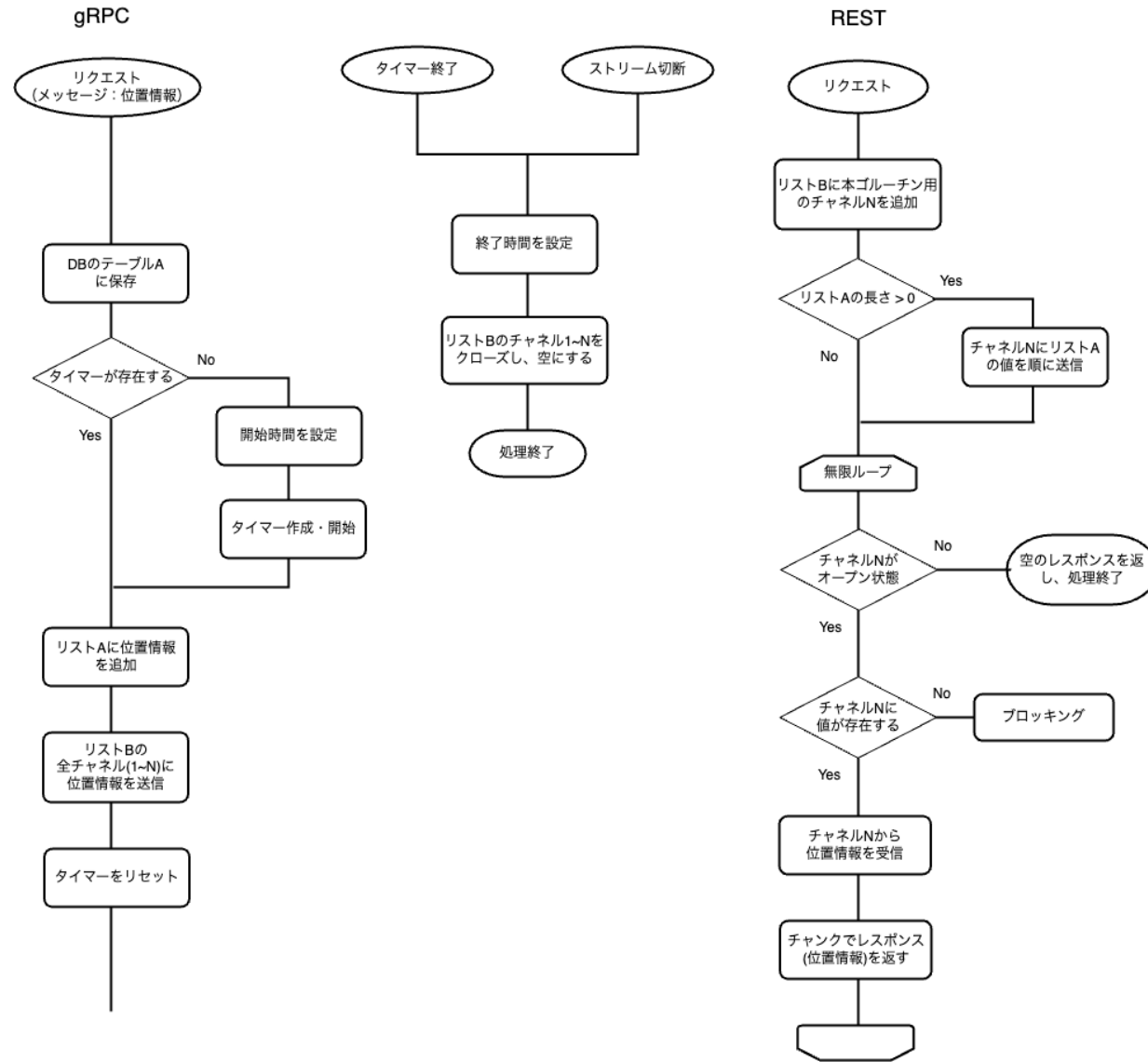
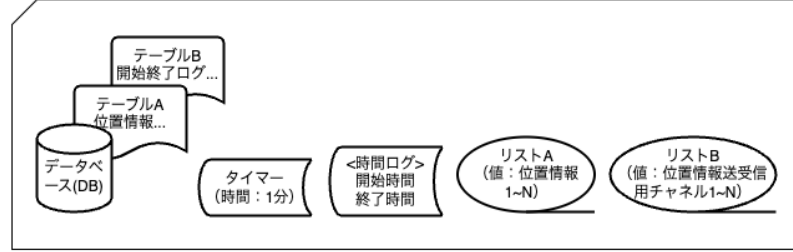
地上局ロジック



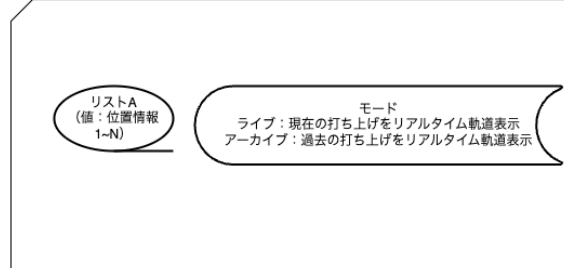
BE起動ロジック



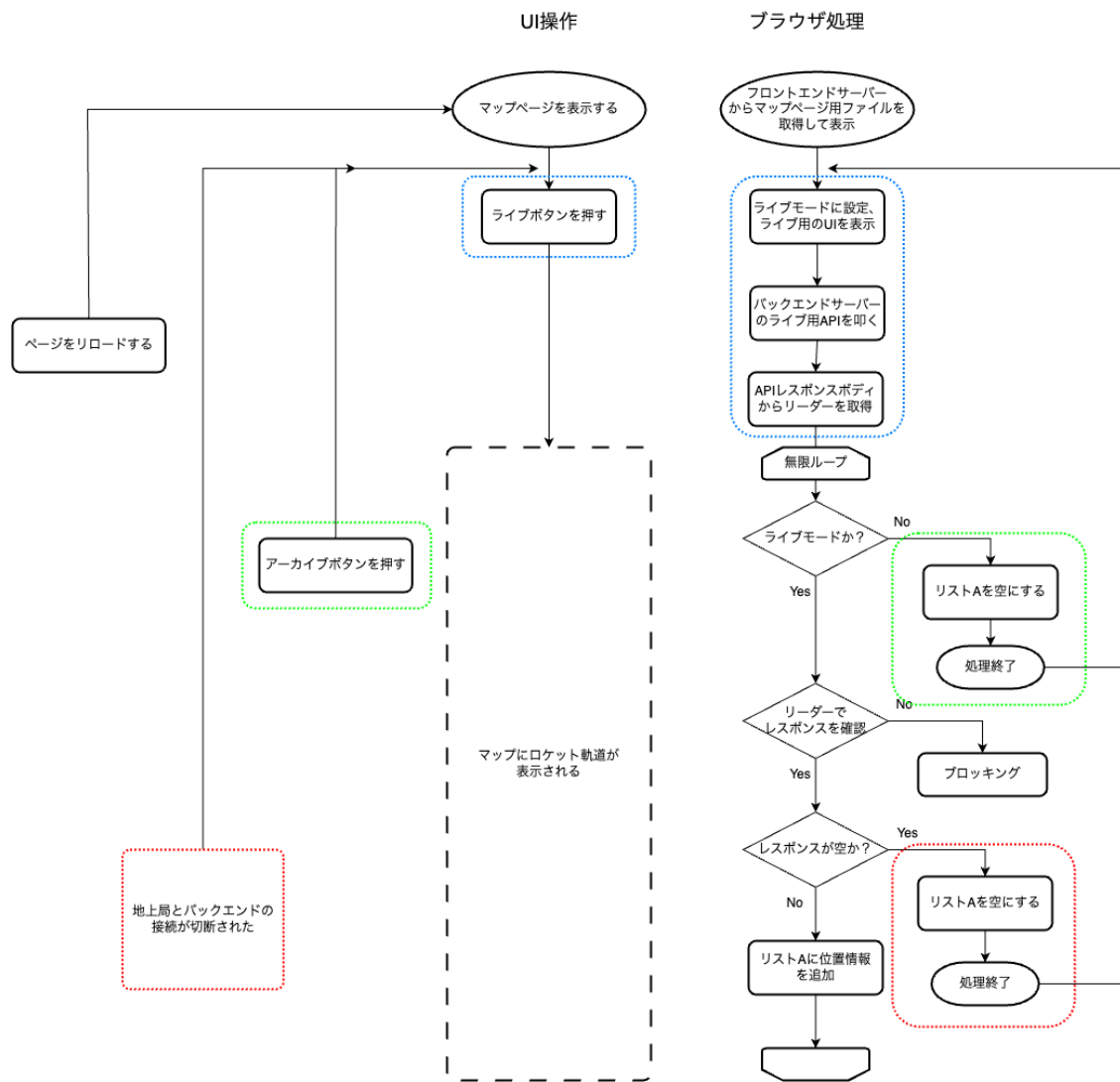
BEリクエスト処理ロジック



FEロジック



ステート (State)：変更されるとUIコンポーネントが再レンダリングされる。



原理：リアルタイム軌道表示シーケンス

