

宇宙エレベータ通信

宇宙エレベータとは

- ・宇宙エレベータとは地球から宇宙(惑星)へ向けて伸びるエレベータ
- ・科学的な発展によって将来実現が可能とされている
- ・宇宙への輸送能力向上だけではなく、人類の資源問題を解決することが期待される

・宇宙エレベータにおいて、各ステーションが通信基地局として、各ステーション間や地上との通信が予定されている

・しかしどのような通信を行うのか、各ステーションの位置をどこにするのか、どの程度の性能が必要なのか等具体的な検討はまだ行われていない

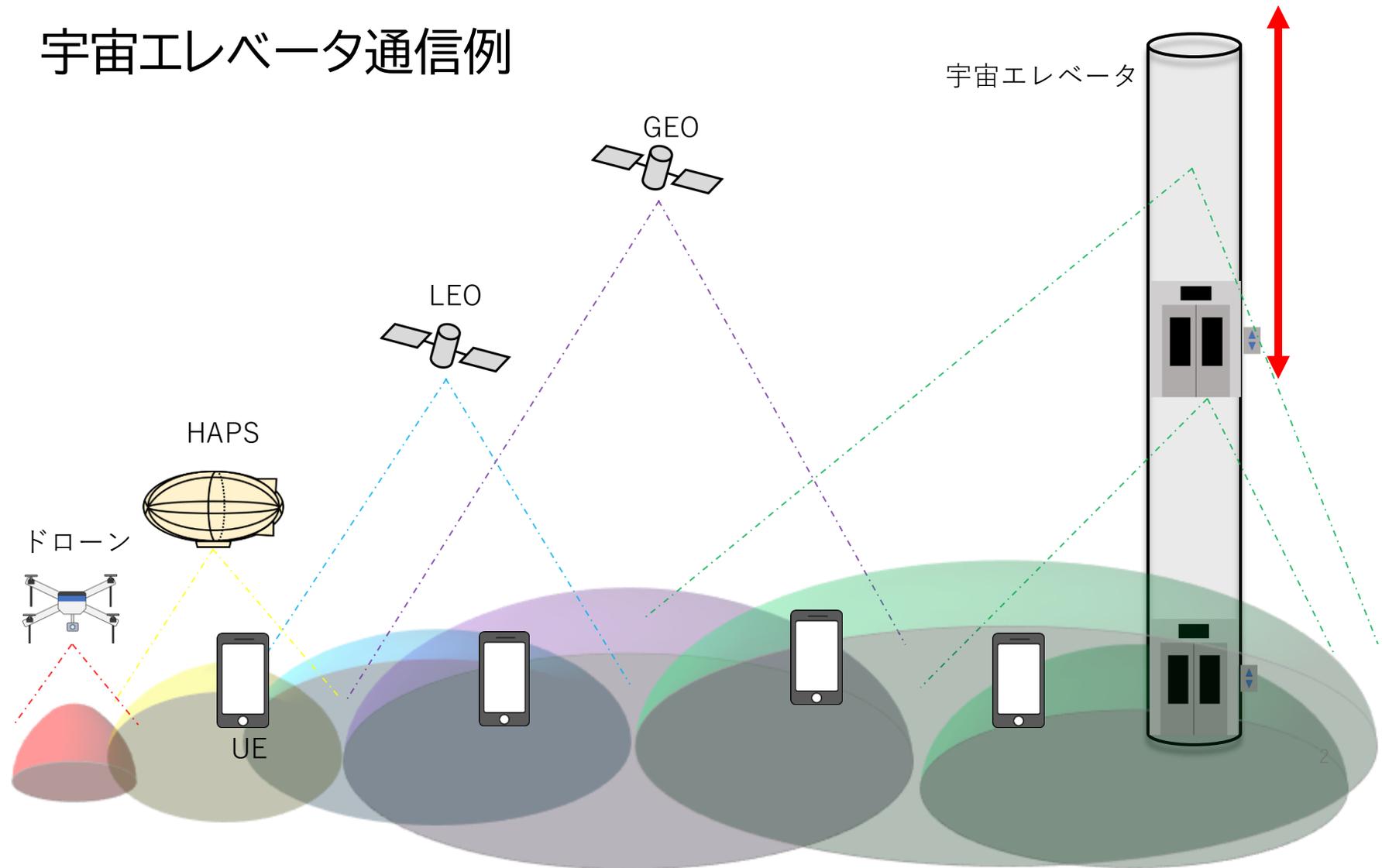
Ex) 通信方式, 場所, 通信性能 など

⇒本研究で、宇宙エレベータ通信についての検討を行う



[1] B. C. Edwards, "A hoist to the heavens [space elevators]," in IEEE Spectrum, vol. 42, no. 8, pp. 36-41, Aug. 2005, doi: 10.1109/MSPEC.2005.1491225.

宇宙エレベータ通信例



宇宙エレベータ

GEO

LEO

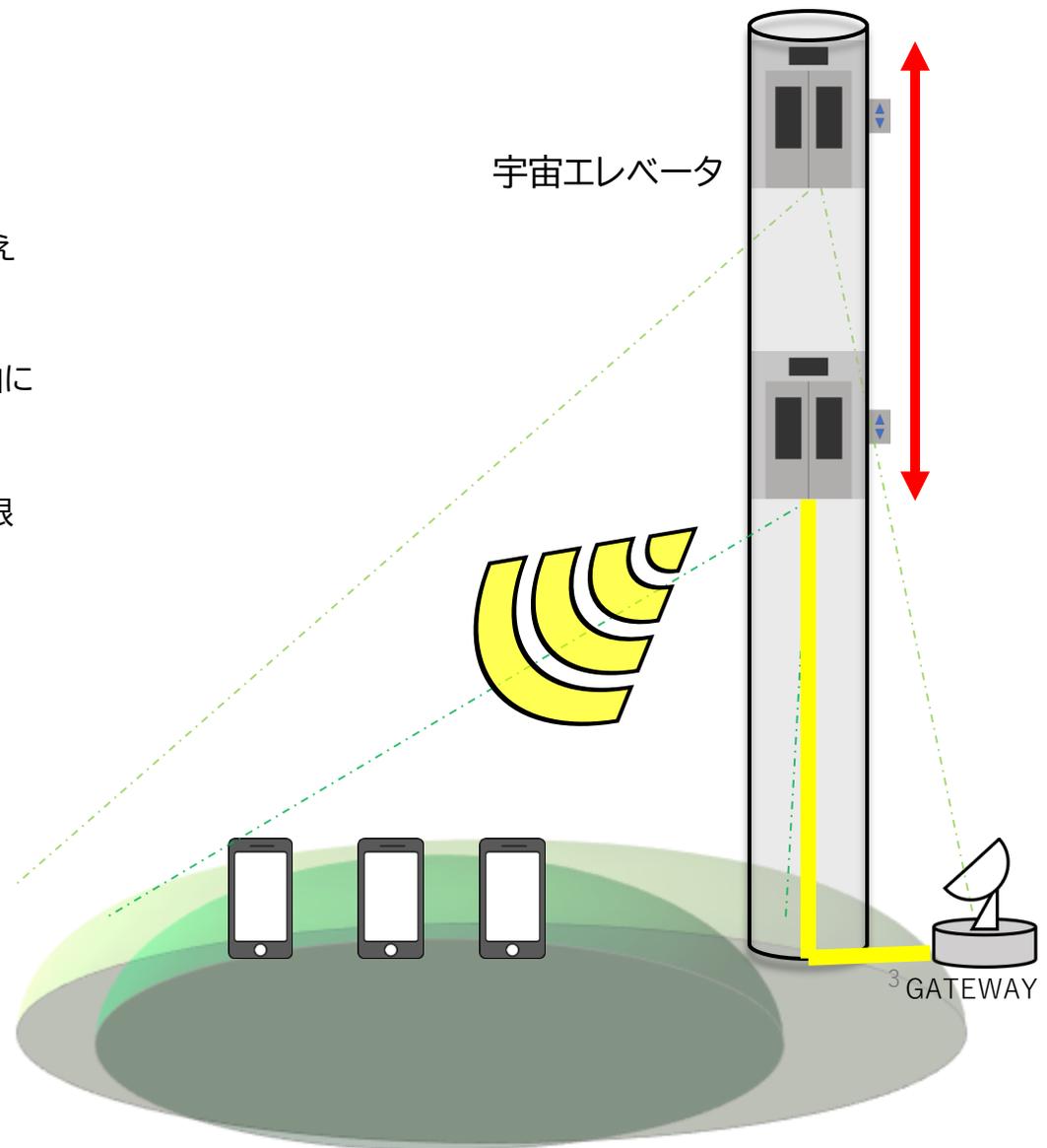
HAPS

ドローン

UE

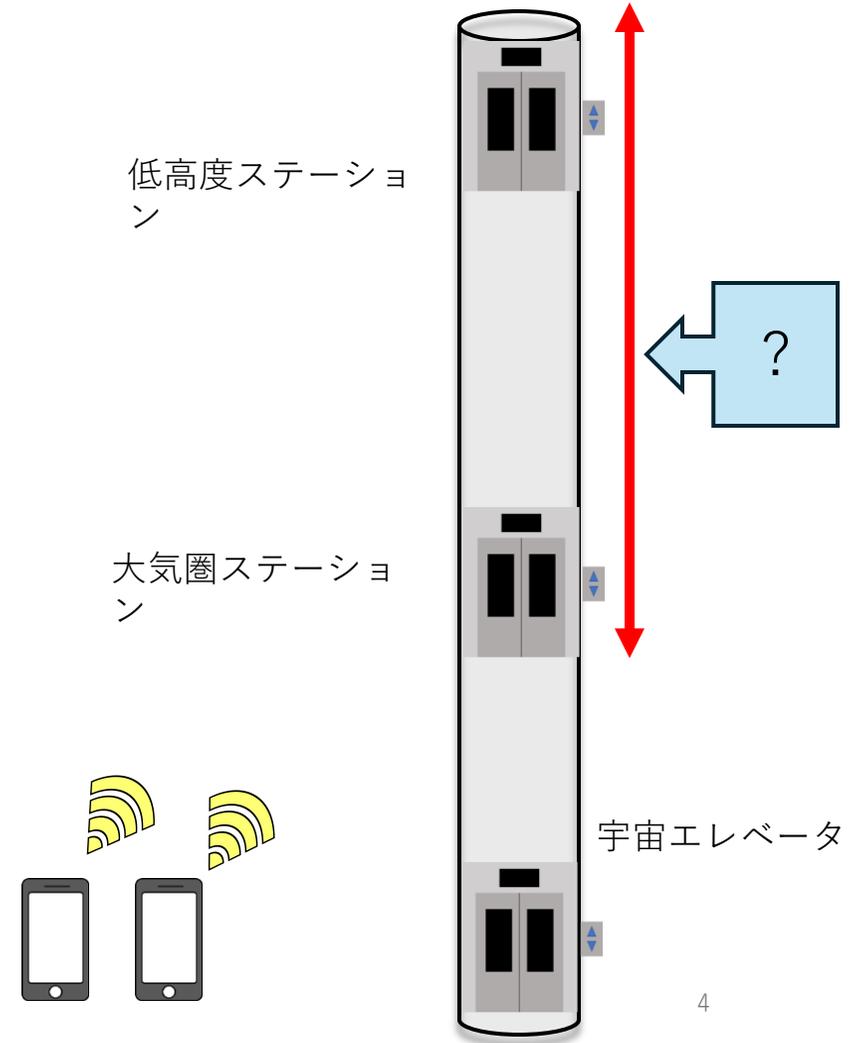
宇宙エレベータ通信の特徴例

- LEO(低軌道衛星)と同じ高度でも、固定通信が行える
- 設置高度を変更できるため、通信カバレッジを自由に設定できる
- 地上から電力を直接供給できるため、電力上の制限がかなり少ない
- 基地局とユーザ間
→無線通信
- 基地局とゲートウェイ間(ネットワーク接続)
→光固定通信(想定)
- 設置場所に制限がある(赤道から±40度程度).



本研究での提案内容

- 宇宙エレベータ基地局と地上との無線通信
特に「低高度ステーション」と
「大気圏ステーション」の2種類
- ①低高度ステーション
「見通し率」、「BER」、「スループット」、「遅延時間」
- ②大気圏ステーション
「宇宙エレベータの軌道」、「BER」
- カバレッジや遅延などを考慮し、どの位置や高度が
無線通信に適しているかを調べる
- 本研究では、主に見通し率を考慮し、シミュレーション
を行った



①シミュレーション概要(低高度ステーション)

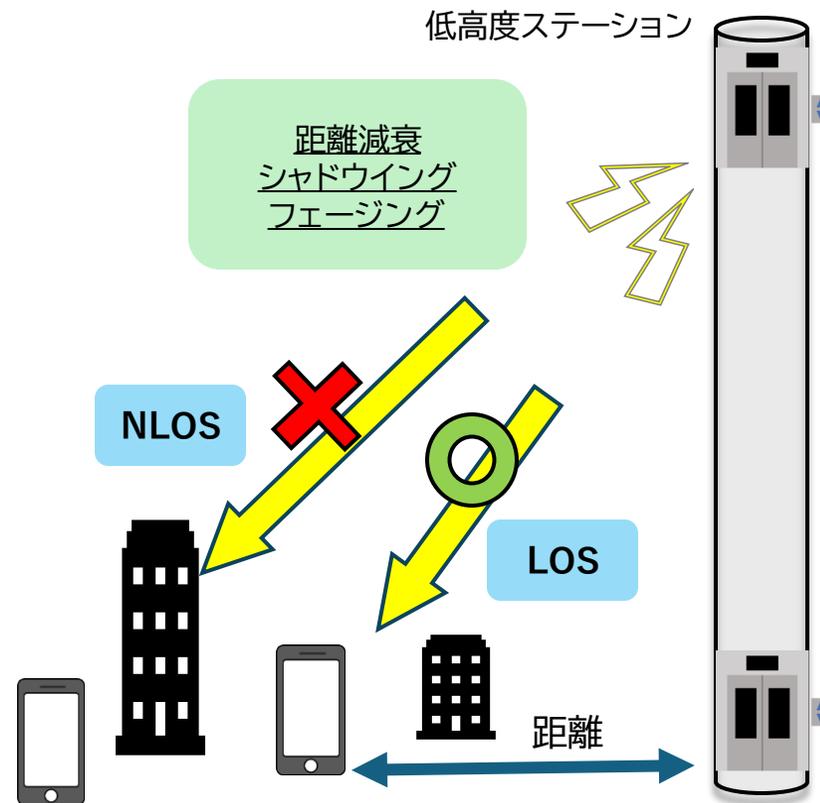
見通し率(LOS確率)

- ・宇宙エレベータ(送信機)とランダムに受信機を設置
- ・建物を読み取る
*建物の情報はOSMから取得
- ・建物の高さや距離から見通し内外を決定

LOS : 見通し内, NLOS : 見通し外

BER特性

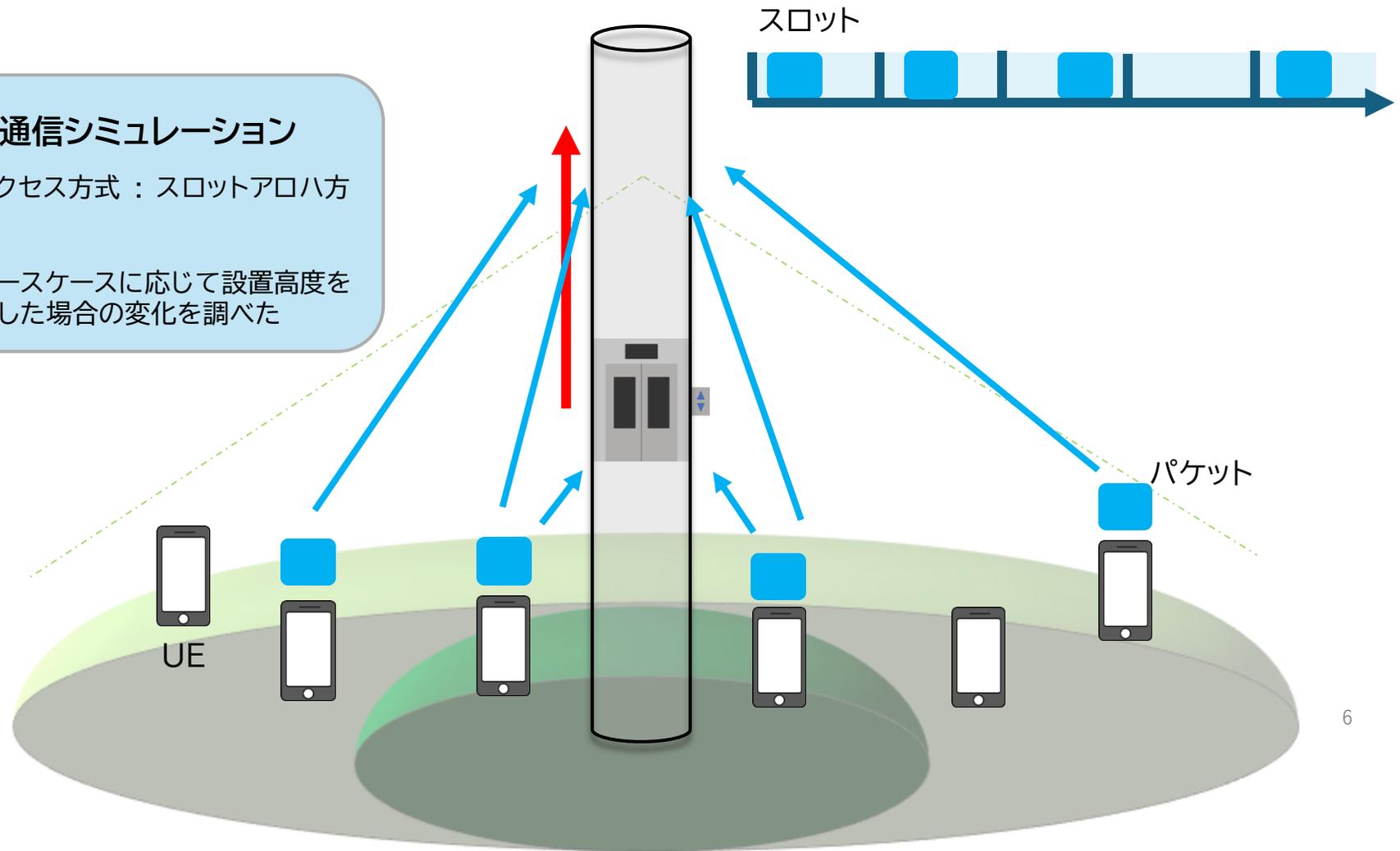
- ・取得した見通し率より電波伝搬モデル構築
- ・主に「距離減衰」と「シャドウイング」、「フェージング」
- ・見通し率に応じて、フェージングを変化
LOS → 仲上-ライスフェージング
NLOS → レイリーフェージング



①シミュレーション概要(低高度ステーション)

通信シミュレーション

- ・ アクセス方式 : スロットアロハ方式
- ・ ユースケースに応じて設置高度を変更した場合の変化を調べた



②シミュレーション概要(大気圏ステーション)

宇宙エレベータを赤道上以外で建設した場合における

1. 宇宙エレベータの軌道を求めた
2. 大気圏内に通信基地局を設置することを想定し、BER特性を求めた

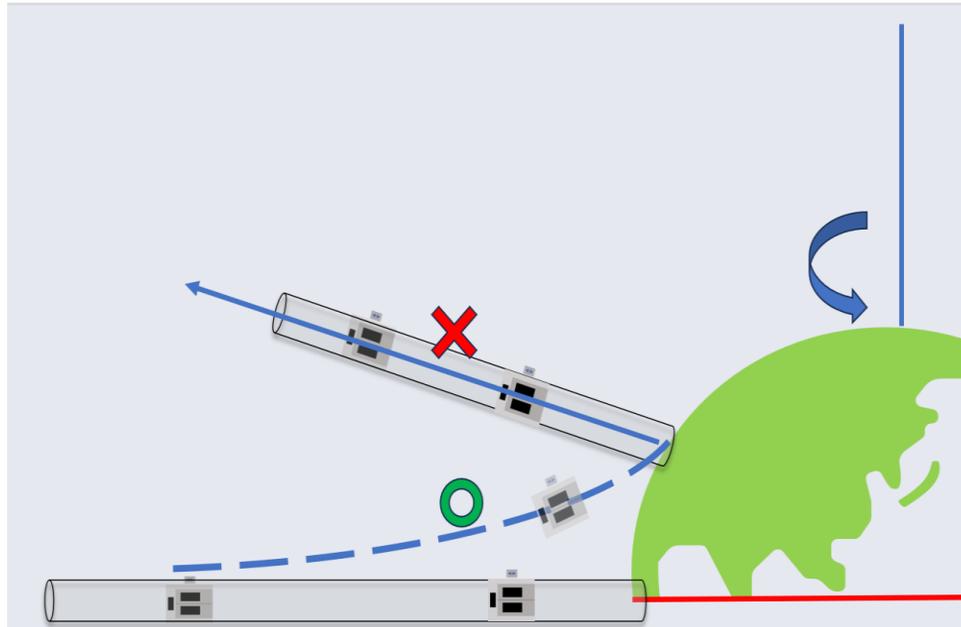
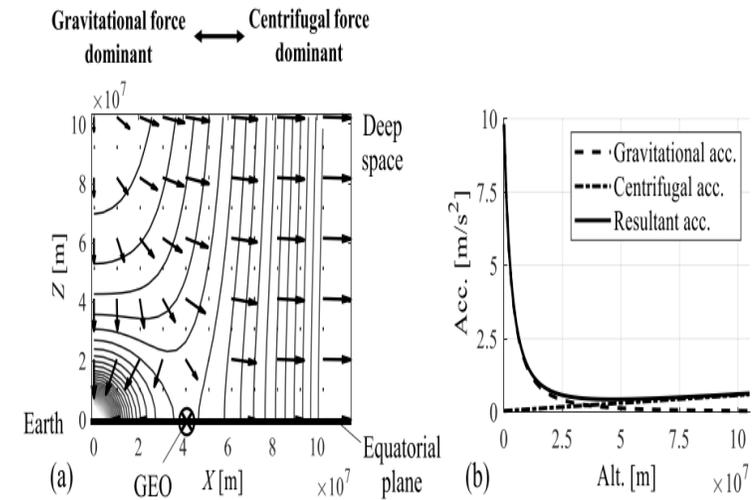
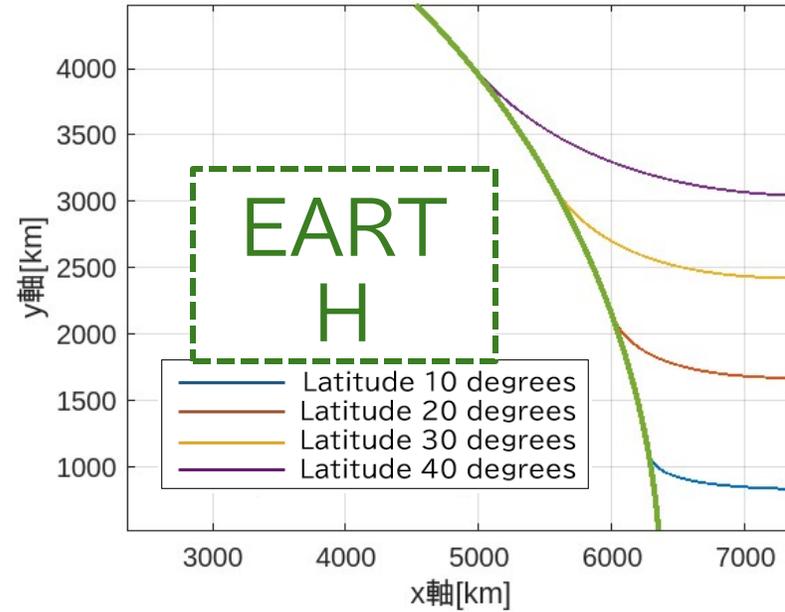
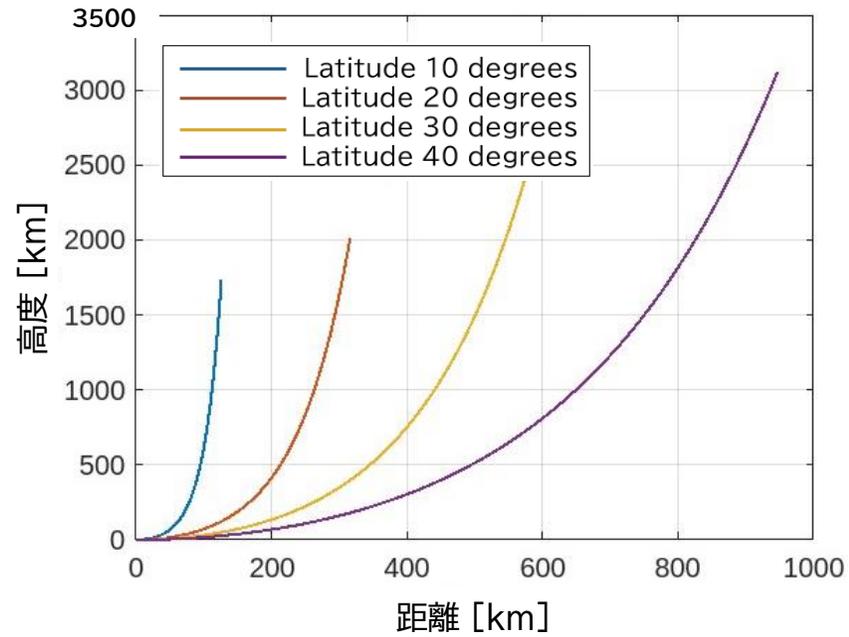


図 赤道上以外で建設した場合の軌道イメージ



[4] R. Kuzuno, S. Dong, T. Okada, K. Otsuka and K. Makihara, "Dynamics and Energy Analysis of Nonequatorial Space Elevator Using Three-Dimensional Nonlinear Finite Element Method Extended to Noninertial Coordinate System"

②軌道計算の結果

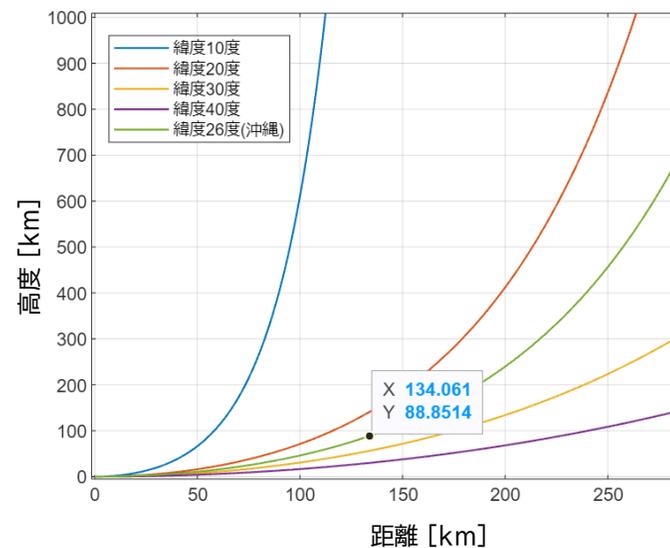
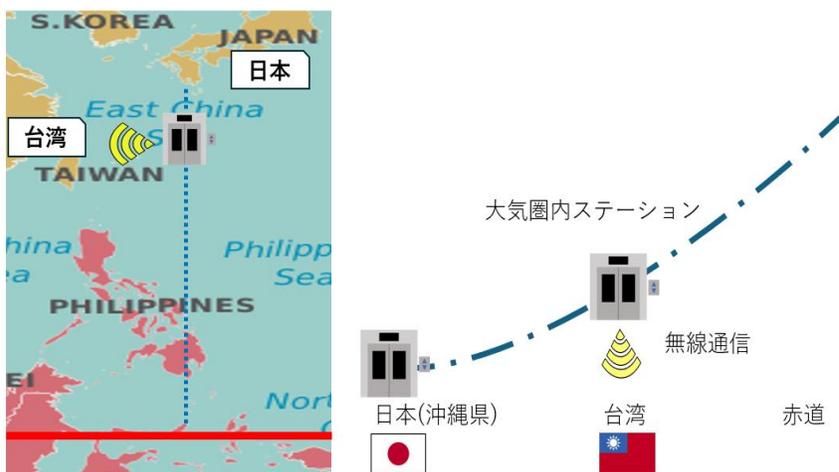


宇宙エレベータの軌道を緯度別に計算した。右の図は地球の中心が原点

②シミュレーション概要と条件

本シミュレーションでは日本の沖縄県から宇宙エレベータを建設した場合について、軌道を求めて適切な位置(右図)から台湾へ向けた通信を行った場合にどの程度の通信性能が求められるかシミュレーションを行った

- 概要図



条件	値
周波数[GHz]	2.0
設置高度[km]	88.9
距離[km]	646
EIRP[dBm]	45 - 60
熱雑音[dB]	- 95