

---

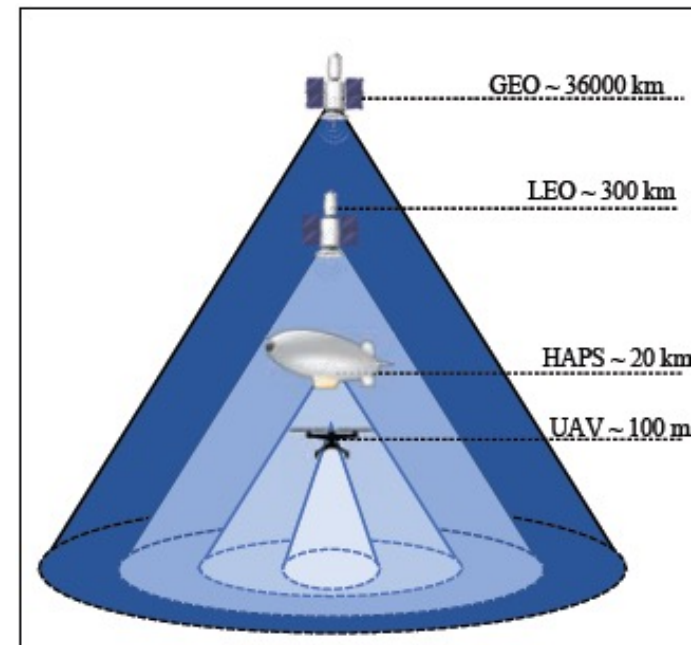
# LEO衛星の局所的キャッシュ法

立命館大学

岡崎直人 上山憲昭

# 低軌道 (LEO) 衛星ネットワーク

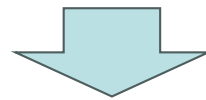
- 高度2,000km以下の低軌道を周回する衛星を中継ノードとして用いたネットワーク
- 低電力・低遅延・大容量の通信が可能
- LEO衛星は高速で移動し、かつカバーエリアが狭いため、何千もの衛星が必要
- 有効な応用:
  - デジタルデバイドの解消
  - 空・海や過疎地域へのブロードバンド提供
  - バックアップ
  - 災害対策



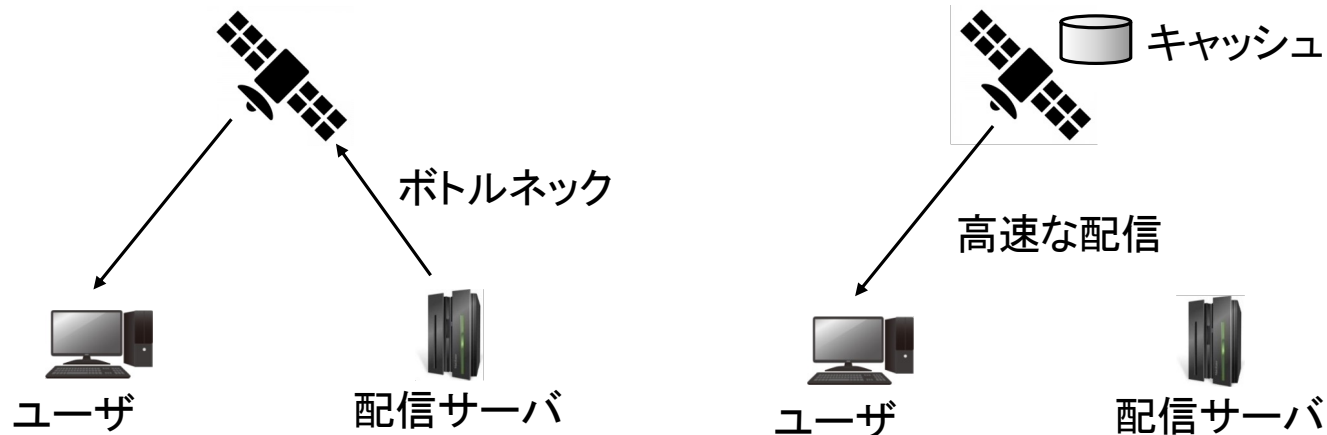
# LEO衛星でのキャッシュ配信

## ■ LEO衛星は上りのスループットが低い

→ 地上に存在するサーバからLEO衛星経由で大容量のコンテンツを地上の端末に配信すると、上りのスループットがボトルネック



LEO衛星にキャッシュを設置し、LEO衛星からのキャッシュ配信が有効



# 本研究の目的

---

## ■ 着目した課題:

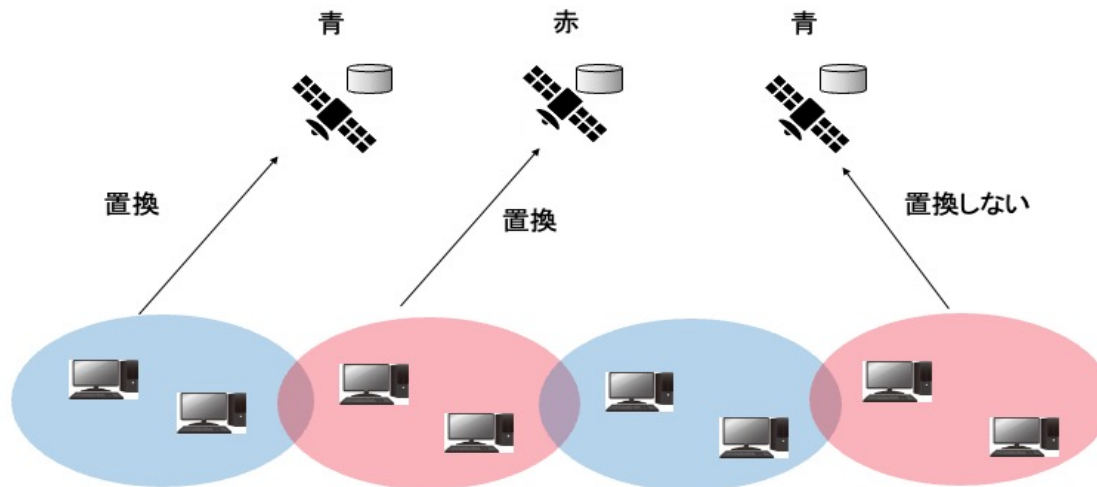
- 従来のCDNのキャッシュは不動
  - ⇒ コンテンツの人気の空間的な局所性を活用
  - ⇒ キャッシュ性能を向上
- LEO衛星キャッシュ配信ではキャッシュの位置が常に変化
  - ⇒ 人気の空間的な局所性が活用できない

## ■ 本研究の目的:

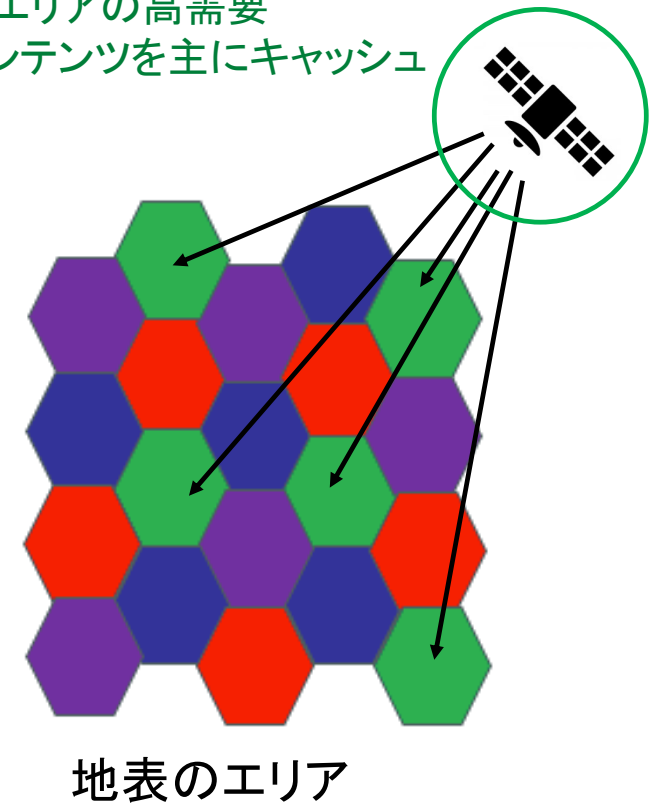
- 人気の空間的な局所性を活用したLEO衛星キャッシュ制御法を提案
- 各衛星にキャッシュするコンテンツを, 特定エリアの高需要コンテンツに限定

## 提案方式

- 同一方向に周回する衛星に対し、地表の異なるエリアを割当
- 各衛星は自身の割当エリアからの配信要求に対してのみキャッシュコンテンツを置換
- 非担当エリアにもキャッシュ配信



緑エリアの高需要  
コンテンツを主にキャッシュ



## 性能評価条件( 1 )

---

- SpaceX社が運用している  
Starlinkの第一層のみを使用

| parameter                   | value        |
|-----------------------------|--------------|
| VELOCITY(km/s)              | 27,000       |
| LATITUDE                    | -90.0～90.0   |
| LONGITUDE                   | -180.0～180.0 |
| INCLINATION(° )             | 53.0         |
| HEIGHT(km)                  | 550.0        |
| MINIMUM ELEVATION ANGLE(° ) | 40.0         |
| PLANE                       | 24           |
| SATELLITES PER PLANE        | 66           |

## 性能評価条件(2)

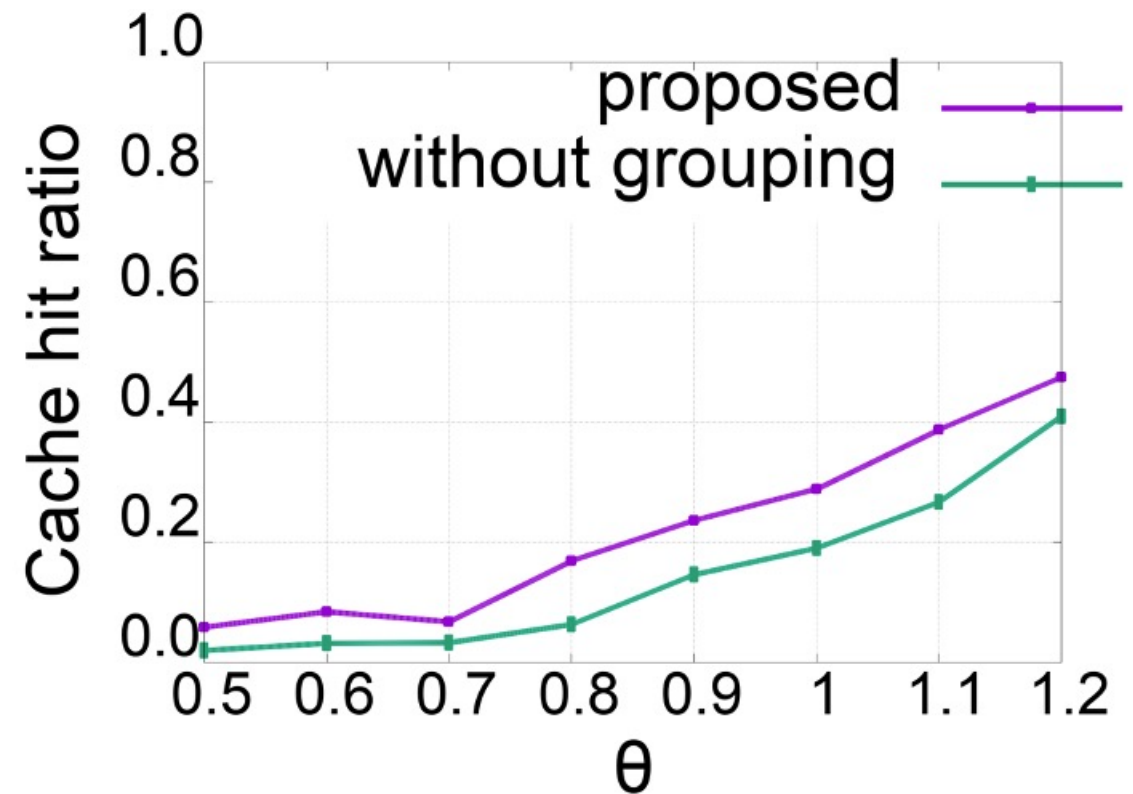
---

### ■ シミュレーション条件

- 通信はユーザと衛星が直接行う
- 各衛星はルータ兼キャッシュの役割を果たす
- 衛星がキャッシュしていない場合、衛星間通信を通じてコンテンツを取得
  - 衛星間通信における経路選択はダイクストラ法を使用(重みはホップ数)
- オリジナルのコンテンツはいずれかのオリジンサーバが一つだけ保持
- 要求されたコンテンツは一つの衛星で応答できるものとする(ハンドオーバーは発生しない)
- キャッシュコンテンツの置換はLRUを使用
  
- ユーザはZipf分布に従い、ランダムに選択したコンテンツを要求

## 性能評価結果(1)

- グループ数=5の時ににおけるZipf分布の変化に伴うキャッシュヒット率
- 提案方式の方がいずれの値でもキャッシュヒット率が高くなっている



## まとめ

---

- LEO衛星は上りのスループットが低い
  - 衛星からのキャッシュ配信が有効
- 従来のCDNは空間的局所性を活かしてキャッシュヒット率を向上
  - LEO衛星の移動する特性を考慮すると従来の手法ではヒット率が向上しない
- 本研究ではコンテンツ人気の空間的局所性を考慮したキャッシュ法を提案
  - 従来のCDNで用いられるキャッシュ法と比較して提案方式の方がキャッシュヒット率が高いことを示した
- 今後の課題
  - 結果はユーザと直接通信する衛星のみのキャッシュヒット率にしているため、グルーピングしたことにおける平均ホップ数について評価
  - 衛星シミュレータ(StarPerfの使用)