

端末位置情報に基づくD2D通信の 軽量なリソース割り当て手法

電気通信大学 情報理工学研究科
情報・ネットワーク工学専攻 吉永研究室
学籍番号2531150 山下 一太

- ◆ モバイルデータのトラフィック量の増加[1]
- ◆ データ消費量の多いサービスやアプリケーションの普及
 - スマホ1台あたりのデータ通信量は2025年の22(GB/月)から2031年には**42(GB/月)** に増加する予測



- ✓ 無線通信基地局の負荷低減のため、**D2D(Device to Device)通信**の技術活用

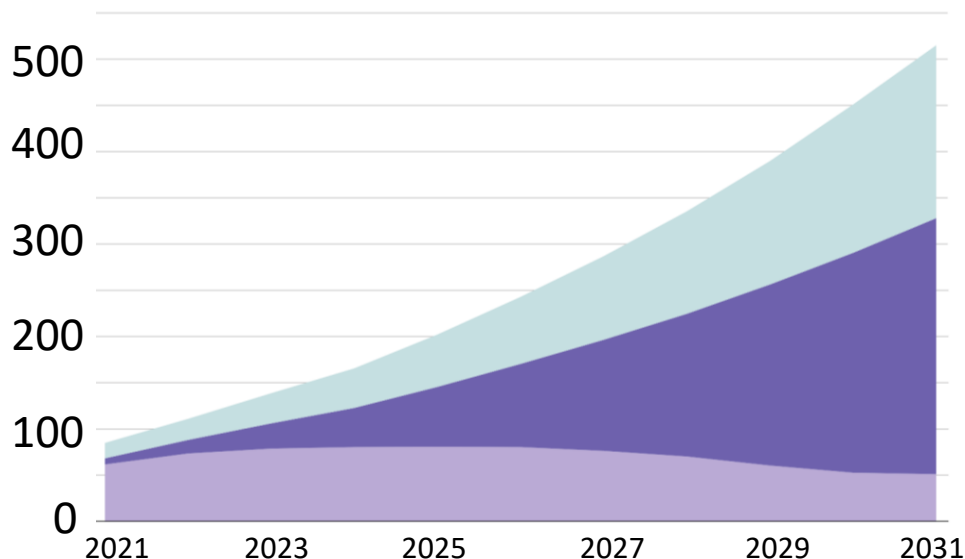


図1. 世界のモバイルデータトラフィック予測(EB/月)

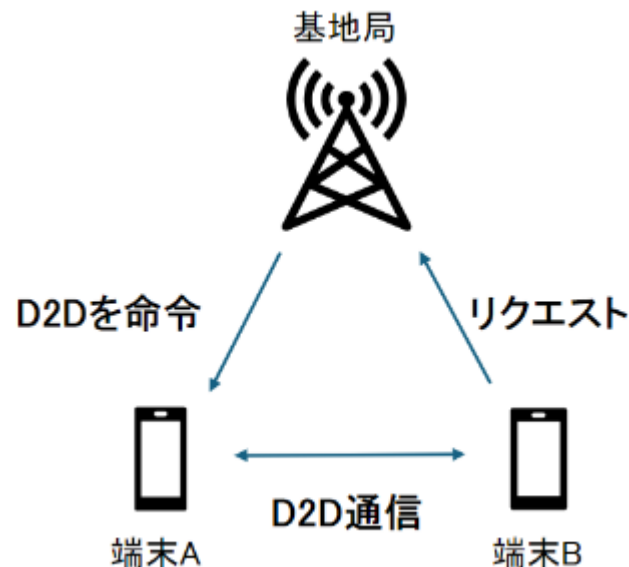


図2. D2D通信の例

[1] Ericsson, Ericsson mobility report, June 2026, <https://www.ericsson.com/4a088f/assets/local/press-releases/asia/2026/mobility-report-202606-jp>

◆ 基地局主導のD2Dリソース割り当て手法[2]

- セルラーユーザとリソースを共有しないオーバーレイ方式でのD2D通信を対象
- グラフ理論による周波数再利用と線形計画法による電力制御を組み合わせ
- 限られたリソース内で要求される通信品質を満たしつつ周波数利用率の最大化と送信電力の最小化を両立

◆ 課題：高密度環境でのスケーラビリティ限界

- 周波数割り当てアルゴリズムの複雑性から、大規模ネットワークでは**基地局の計算・処理負荷が増大**

[2] J. Zeb, M. A. Khan, M. A. Jan, M. F. Khan, and S. Mastorakis. Joint spectrum and power allocation for d2d overlaid cellular communication. *Computer Networks*, Vol. 184, p. 107683, 2021

- ◆ V2V（車車間）向けのリソース割り当て手法[3]
 - V2V通信を対象とした、位置情報に基づくリソース割り当て手法を提案
 - 空間を複数のゾーンに分割し、直交するリソースグループを各ゾーンに割り当て
 - 干渉を抑えながら、高い周波数利用効率を実現

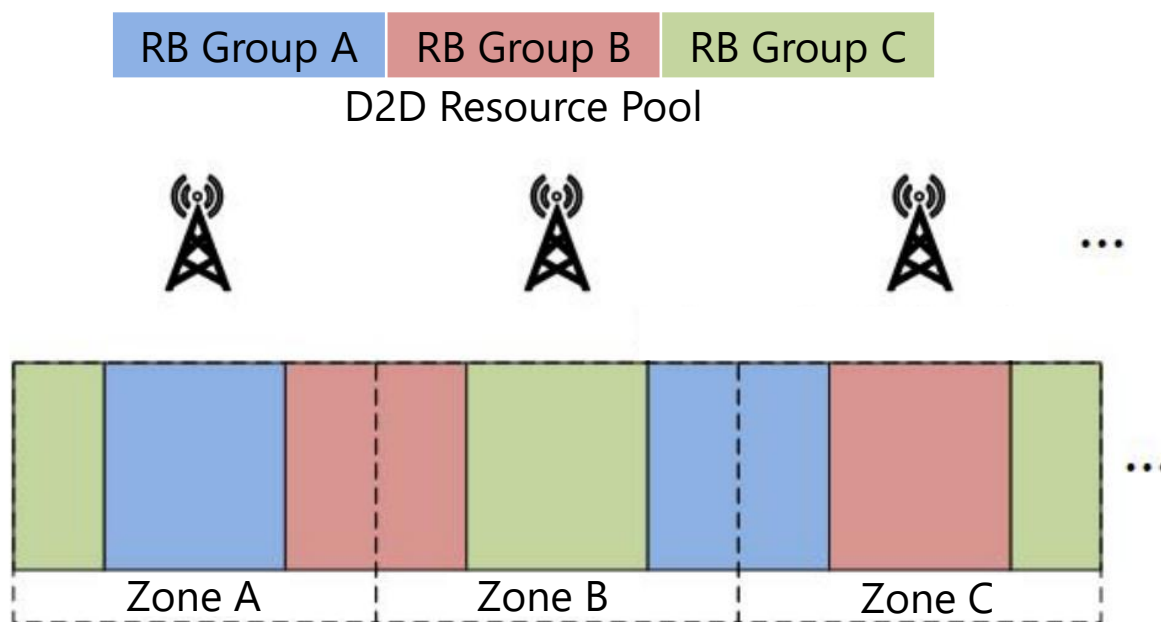


図3. 周波数リソースの空間割り当て

[3] X. Zhang, Y. Shang, X. Li and J. Fang : “ Research on Overlay D2D Resource Scheduling Algorithms for V2V Broadcast Service ”

- ◆ 課題
- ◆ 周波数利用効率、ユーザQoSを考慮した適切な割り当てが重要
- ◆ ユーザの移動や対象切り替えに伴う、**リソース割り当ての複雑化**
- ◆ 最適化計算による**基地局の計算負荷の増大**が懸念



- ◆ 目的
 - **位置情報に基づく軽量な周波数リソース割り当て手法**で干渉を軽減
 - スループット、QoSの向上を目指す

- ◆ エリア分割とエリアへの帯域リソース割り当て
 - 格子状のエリアに分割し、隣り合うエリアが同じグループに属さないよう、A,B,C,Dの4つのグループに分類
 - リソース全体も4つに分割し（OFDMA等の直交リソースを想定）、それぞれをA~Dに割り当て
 - 一つ離れたエリアで同じリソースを使用しても通信衝突が発生しないように1辺の大きさを決定

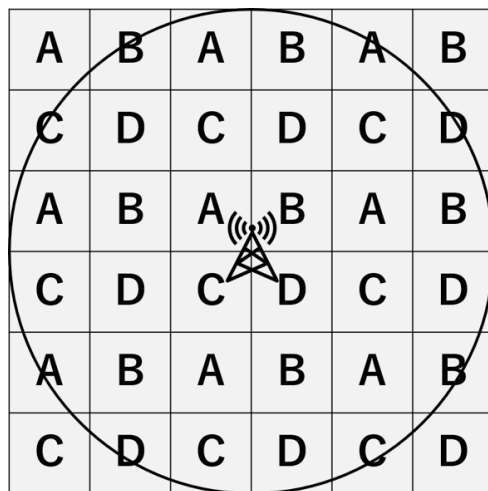


図4. エリア分割例

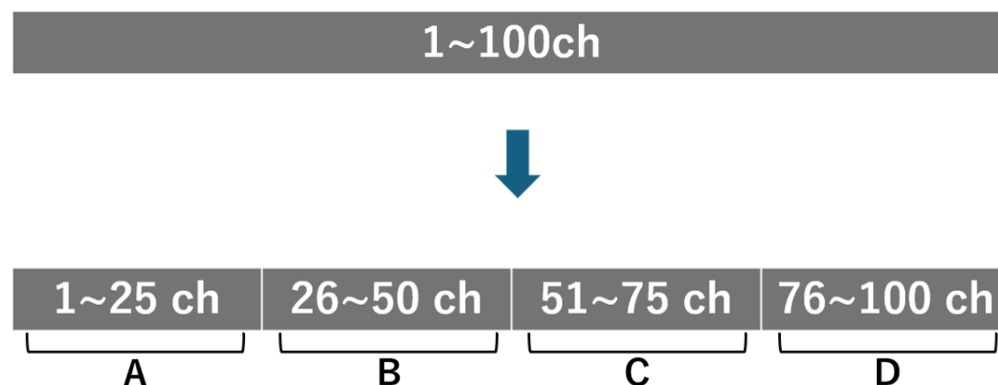


図5. 周波数リソース分割例

- D2D通信ペアがエリアAにいる場合、そのペアにはグループAに割り当てられたリソースを割り当てる
- 一定距離離れた位置でリソースを再利用することにより、干渉の影響を抑えることが可能

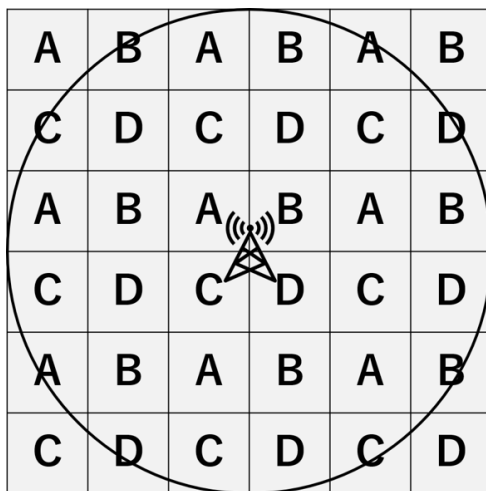


図4. エリア分割例

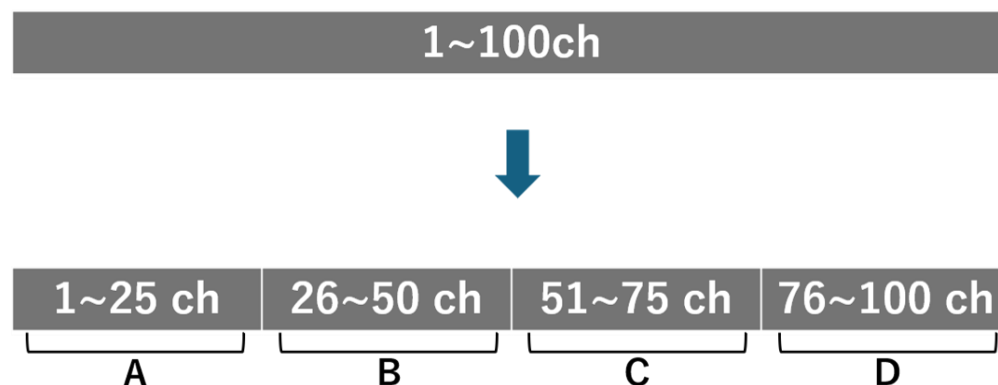


図5. 周波数リソース分割例

シミュレーション概要（１）

- ◆ 基地局の通信範囲内にキャッシュサーバとみなすユーザ端末が存在し、再利用無し、ランダムな再利用、提案手法について**端末受信スループット**と**視聴QoS**を評価
- ◆ 基地局はMEC(Mobile Edge Computing)サーバを搭載しているものとし、各ユーザ端末が保持するキャッシュを把握
- ◆ 基地局がリクエストユーザの近くにキャッシュを持っているユーザがいる場合にD2D通信、なければ基地局から直接伝送(B2D)
- ◆ コンテンツはsvc (scalable video coding) 方式の動画
コンテンツを多層構造にし、ベースレイヤにレイヤを重ねて画質を向上

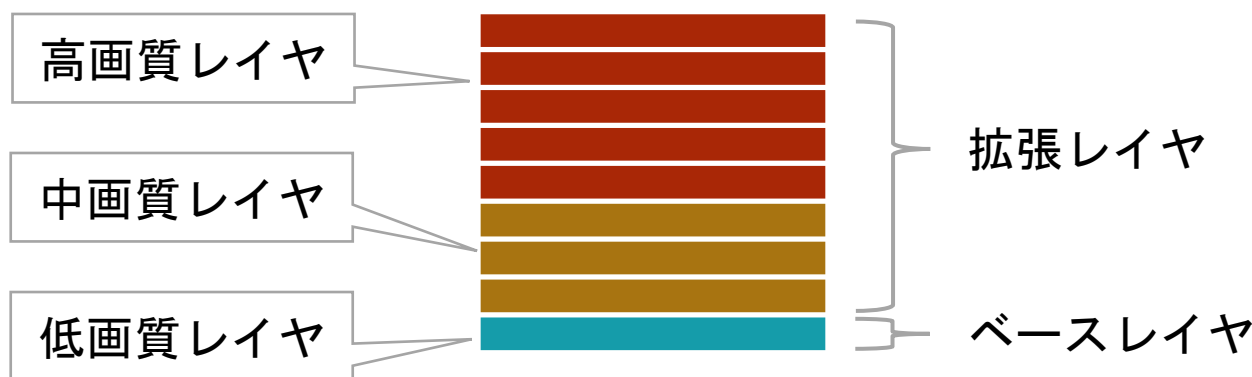


図6. SVC方式の例

◆ 比較対象

◆ 再利用なし

- 各D2D通信に異なるチャネルを割り当て
- チャネルの再利用は行わない

◆ ランダム再利用

- 空間的位置を考慮せずにランダムにチャネルを割り当てる
- 同一チャネルの重複利用を許可
- チャネルあたりの再利用回数を2～10まで変化させて評価

◆ 提案手法

- エリア分割型のリソース割り当て手法

シミュレーション概要 (3)

- ◆ 400秒間ユーザがアクセスパターンに基づいてランダムにリクエスト
- ◆ リクエスト対象は30秒の動画1000個
- ◆ 端末台数1000, 400の二通りで検証
- ◆ 端末は一様に分布
- ◆ 以下は実験パラメータ

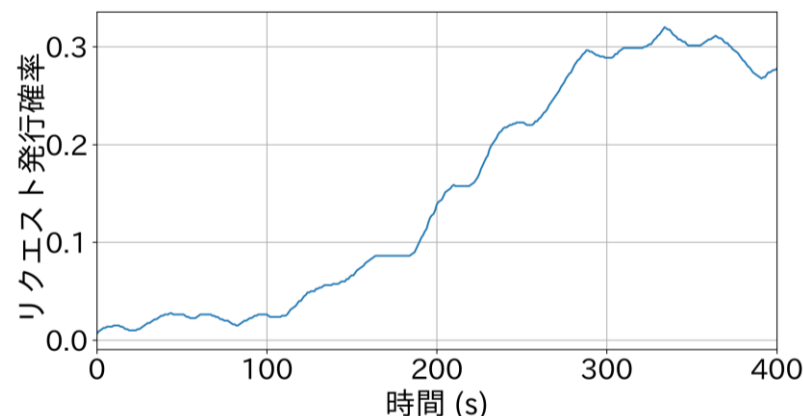


図7. アクセスパターン

表1. 実験パラメータ

端末台数	1000, 400	コンテンツ数	30(s)x1000
端末の通信範囲	45(m)	基地局の通信範囲	300(m)
エリア1辺の大きさ	125(m)	通信衝突距離	60(m)
端末キャッシュ容量	120Mbit	Zipf則の偏り	s=1.2
端末の帯域	50Mhz	基地局の帯域	100Mhz
送信電力(端末)	20(dBm)	送信電力(BS)	43(dBm)
バッファサイズ	3(s)	各画質レイヤのサイズ(L/M/H)	1.2/3.6/7.2 Mbps
ノイズ	-95(dBm)	空間伝達係数	2.9
継続視聴の確率	0.99		

評価1:端末台数:1000台

- ◆ 提案手法ではD2D通信のスループット低下を抑制している

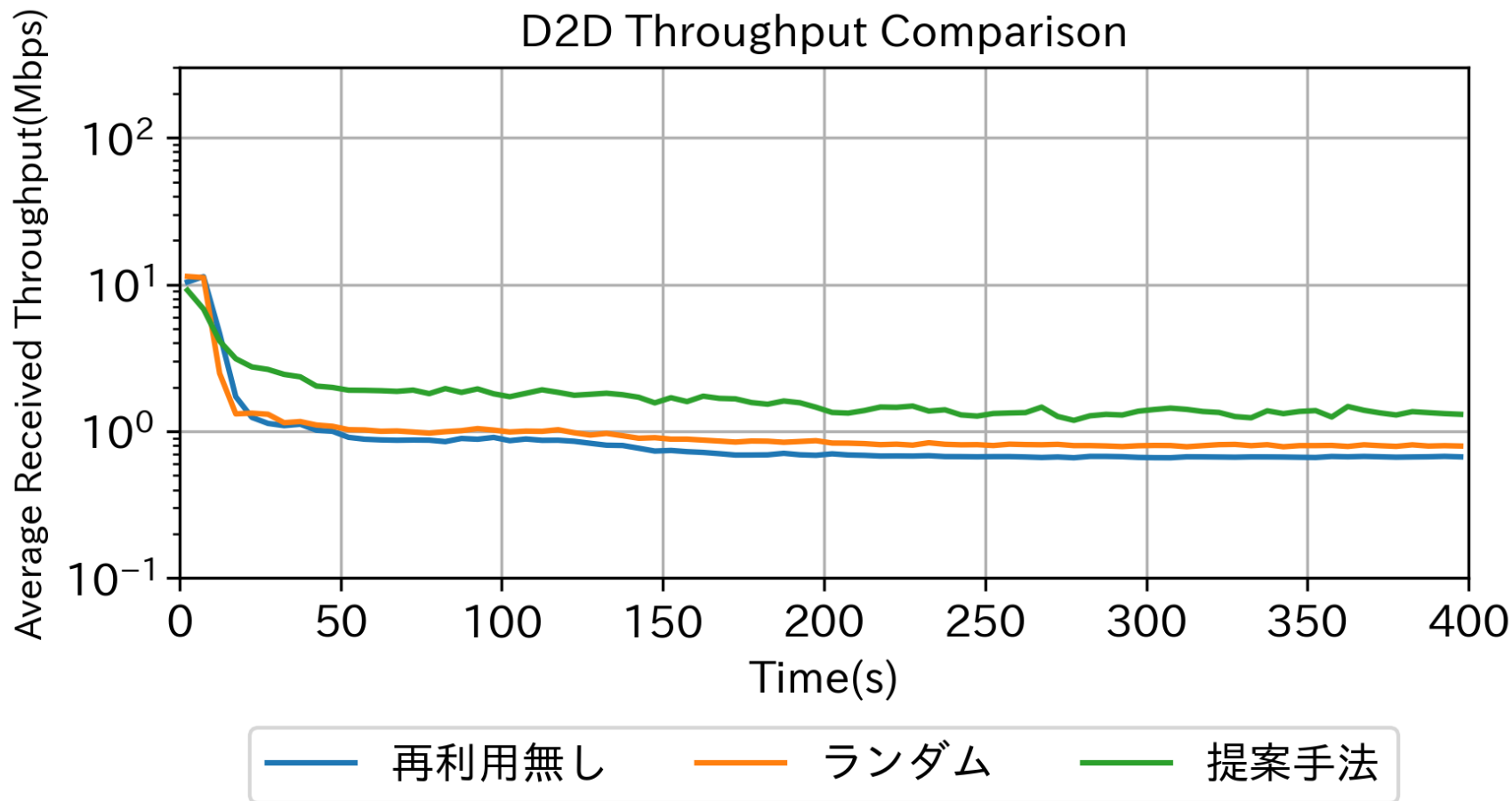
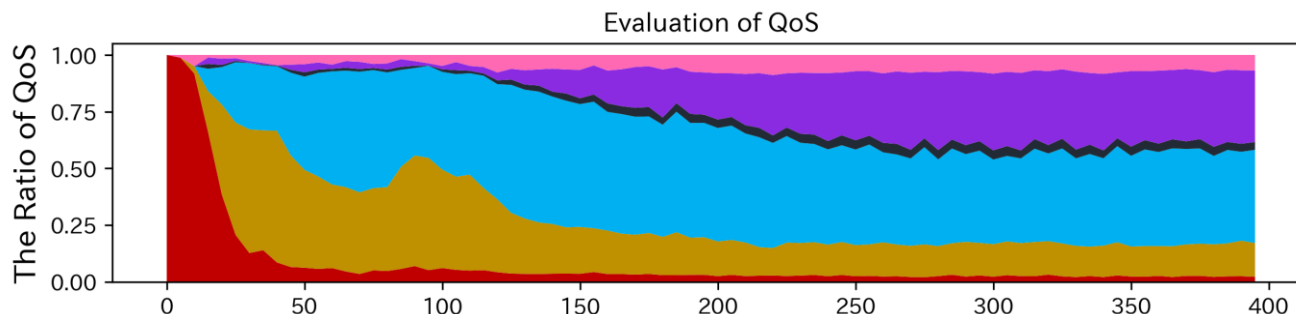


図8. ユーザの受信スループット

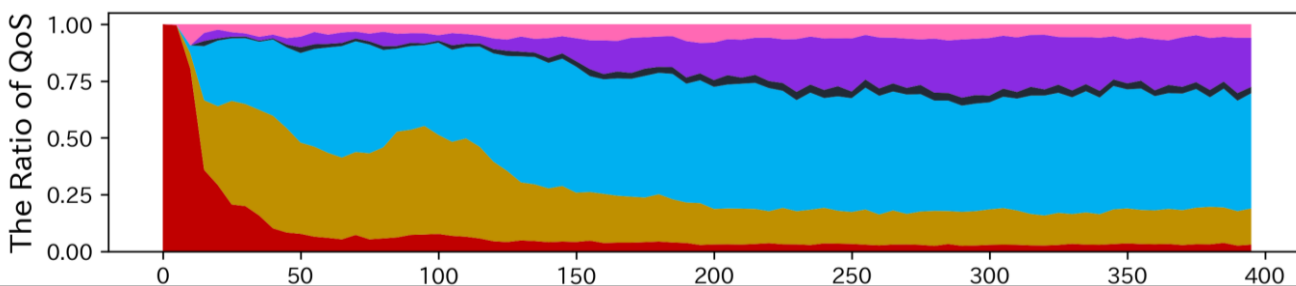
評価1: 端末台数:1000台

◆ 提案手法では中高画質での視聴割合が増加

再利用
無し



ランダム
再利用



提案手法

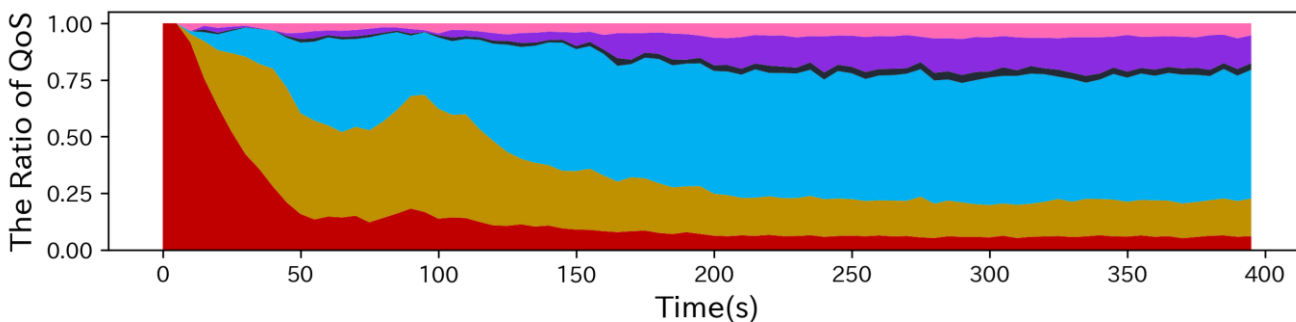


図9. ユーザの視聴状態

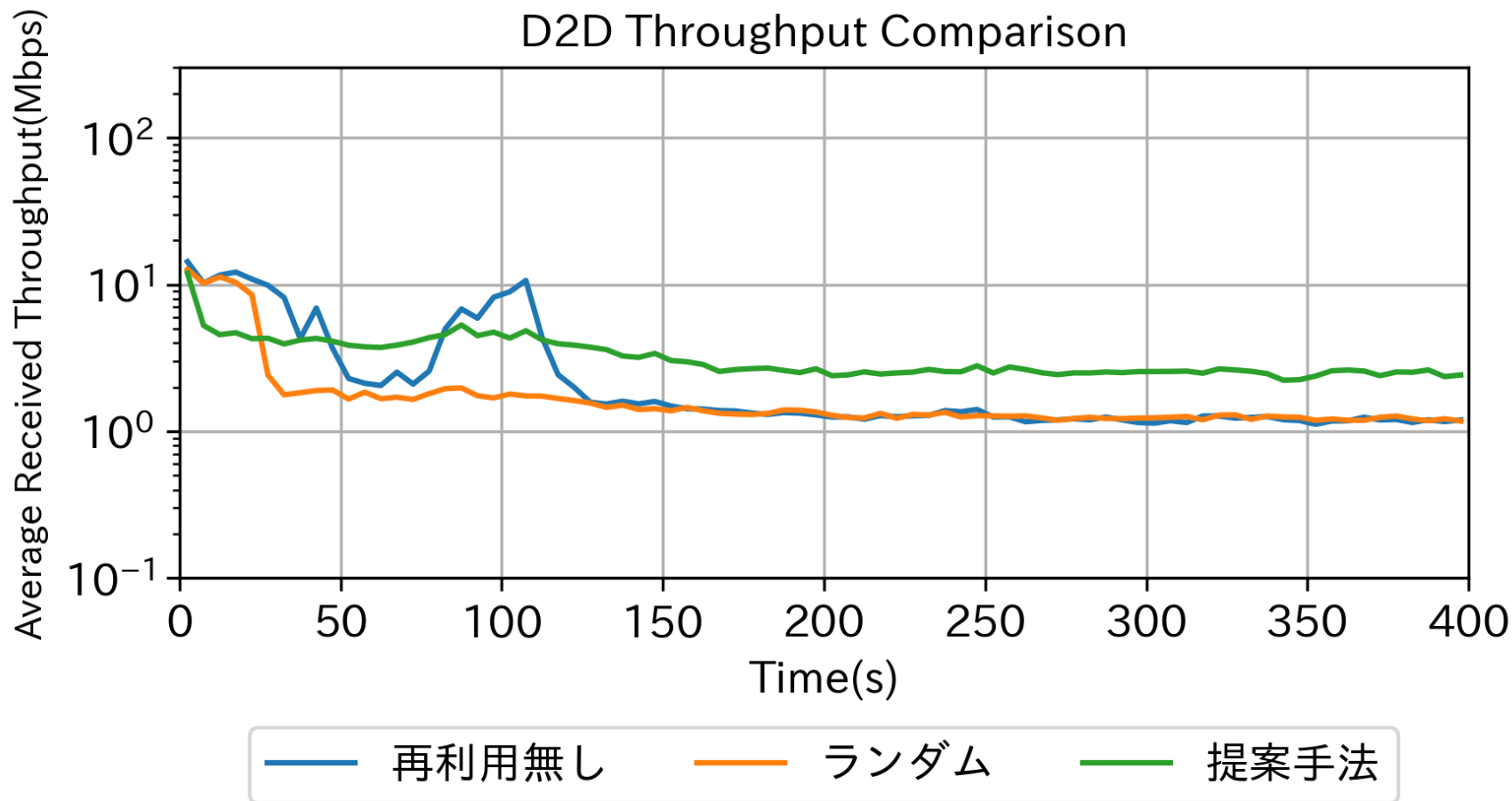
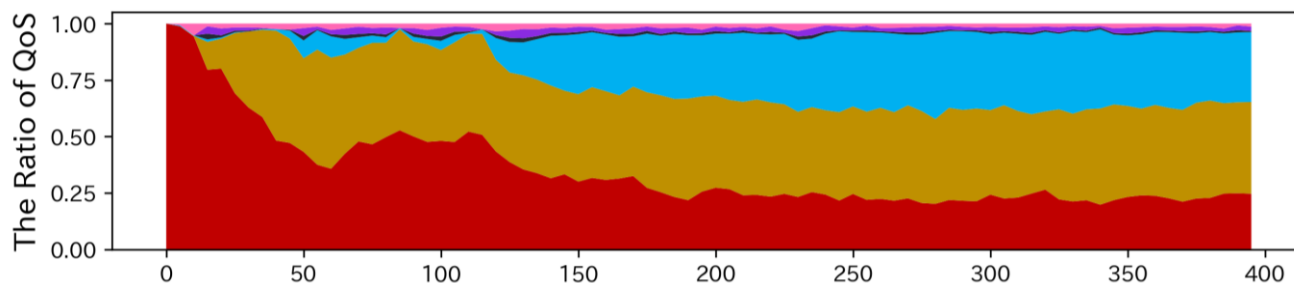


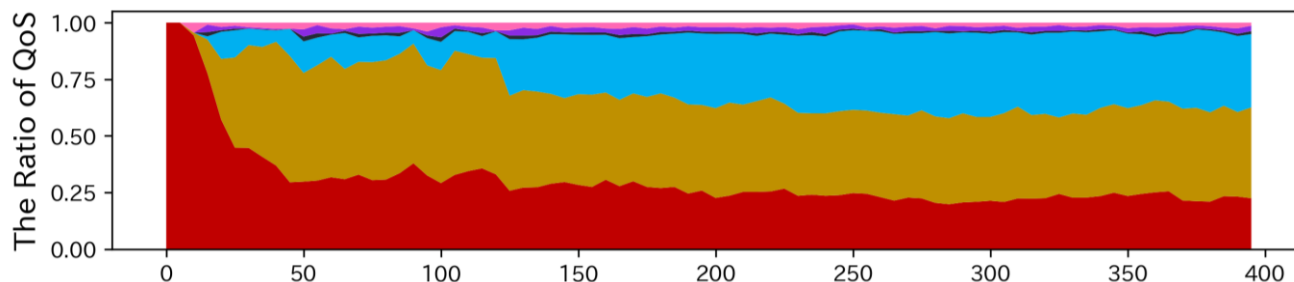
図10. ユーザの受信スループット

評価2:端末台数:400台

再利用
無し



ランダム
再利用



提案手法

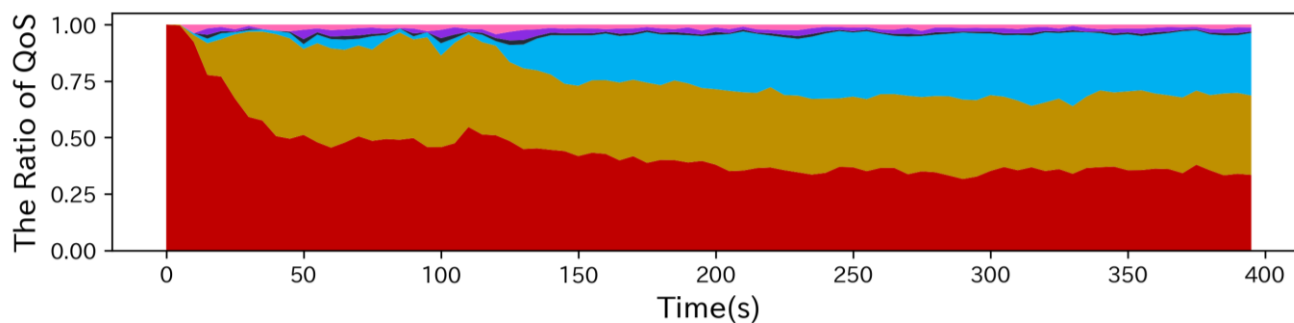


図11. ユーザの視聴状態

◆ まとめ

- 端末位置情報に基づく周波数割り当て手法の提案
- 周波数リソースの再利用無し・ランダムな再利用と比較して、QoS・受信スループットの向上を確認

◆ 今後の課題

- 他のリソース割り当て手法との比較
 - 軽量の割り当て手法を調査し、提案アルゴリズムとの比較評価を実施
- 複数基地局環境への拡張と検証
 - 現状は単一基地局下でのシミュレーションのみ
- 複数手法を組み合わせたハイブリッド方式の検討