

移動体通信における性能評価のための都市空間を考慮した歩行モデルの構築

02103850 電気通信大学大学院 情報システム学研究所 \*金子 雅志 KANEKO Masashi  
01704250 電気通信大学大学院 情報システム学研究所 山田 孝子 YAMADA Takako  
01110600 電気通信大学大学院 情報システム学研究所 加藤 憲一 KATOU Ken'ichi

1. はじめに

携帯電話やPHSなどを含む無線通信では、電波資源の有効活用のため、サービスエリアを複数のアンテナによって細かく分割するセルラー方式が広く使われている。移動体通信では、セル間をまたぐ移動に伴うハンドオーバーがあるため、利用者分布は移動を考慮する必要がある。たとえばあるセル内での呼の発生と退去は図1のように、4通りの可能性がある。これらの呼の発生、退去はセルのサイズが小さくなるほど、呼損率などシステムの性能評価尺度へ与える影響が大きくなる可能性がある。セルラー方式移動体通信システムの性能評価を行う研究では、数理的なモデルによるもの[1]、シミュレーションによる研究[2],[3]などが行われてきたが、都市構造を考慮した利用者の移動や到着の様子に注目した研究は行われていない。

本研究では、都市空間を考慮した人の分布や往来と、再呼の影響を考慮した発呼行動を表現するシミュレーションモデルを構築する。そしてそれに基づき、都市空間や人口分布に実際のデータを用い、様々な状況を扱うことができるシミュレーションシステムを開発した。そしてそれにより、再呼や集団到着に伴うセル内の人口変動がもたらす影響を考慮した性能評価を行う。

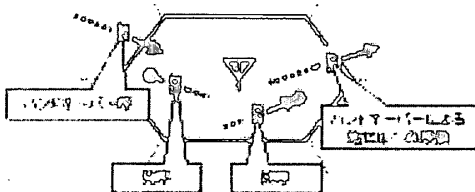


図1: セルラー方式における呼の種類

2. 利用者行動モデル

現実の移動体通信システムでは、駅付近の利用者が電車の到着や信号、また過度に混雑した道路での人の滞留などによって集団到着したり到着に周期性が生じたり、一つのセルに滞在する時間が長くなった。そして、これらがトラフィックの確率的振る舞いに大きく影響する可能性がある。

しかし現実の利用者を計算機上で正確に表現するのは難しい。そこで本研究では、対象とするシミュレーションエリア内における歩行者の典型的な歩行行動パターンをいくつか定義し、その重ね合わせで歩行者行動を表現することを考える。本モデルにおける利用者行動表現には以下のような特徴がある。

- 利用者行動のパターンを移動経路の OD(Origin Destination) ペアの選択および発生の様子で定義
- 都市構造(道路構造)をグラフ構造で表現
- 混雑や都市構造を考慮した歩行モデル

- 最短経路探索をベースとしたロジットモデルによる経路選択
- 再呼を考慮した発呼行動モデル

3. シミュレーション

概要

調布駅(東京都調布市)の徒歩圏にマイクロセル方式移動体通信システムを構築したときの、性能評価をシミュレーションによって行った。ここでは昼夜間人口や乗降数データに基づいて、駅の乗降客や地区ごとの人口を想定し、都市構造による人口分布・移動の特徴や駅からの到着のような周期的な集団到着が性能に与える影響について検討した。シミュレーションでは図2で示される調布駅を中心とした南北約2km、東西約2kmの領域を調布市の徒歩圏とした。

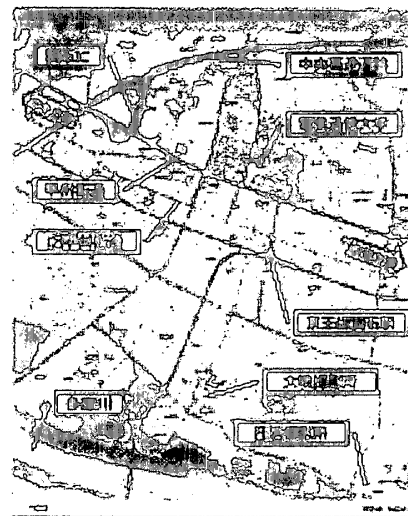


図2: シミュレーションエリア

呼損発生の空間的な分布

呼損の発生状況を観察する。ここであるセルの呼損率  $p_b$  とは、そのセルへハンドオーバーしてきた時の強制切断も含む。図3は利用者一人当たりのトラフィック量  $\rho_p$  を変化させたときの駅周辺のセル毎の呼損率を色で示したものである。(a)(b)は再呼を考慮しない場合、(c)(d)は再呼を考慮した場合の結果である。濃淡が濃いセルほど呼損が多く発生している。(a)を見ると(I)駅をカバーするセル、(II)は交通量が多い道路をカバーするセル、(III)甲州街道を横断し北方向に向かう道路をカバーするセルで周囲と比較して多く呼損が発生していることがわかる。このように今回扱ったシステムのようにセルのサイズが小さい場合は、都市構造から受ける影響の度合いが大きくなるため、これらの要素を考慮した評価が必要であることがわかる。

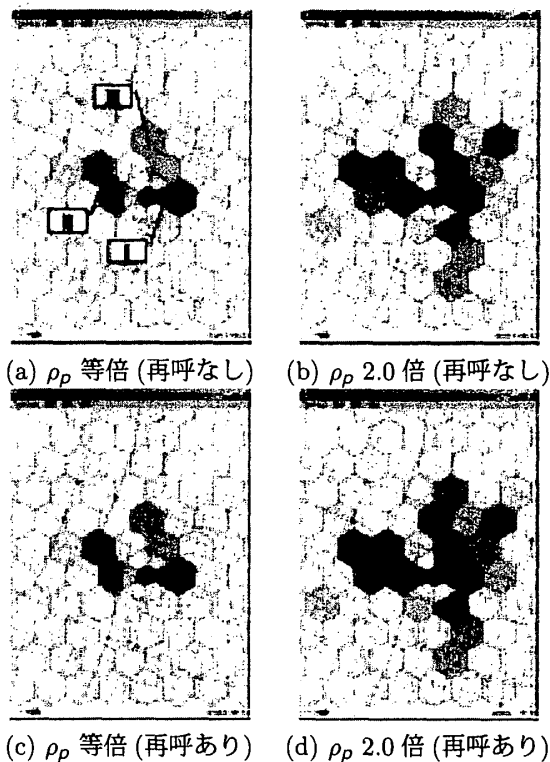


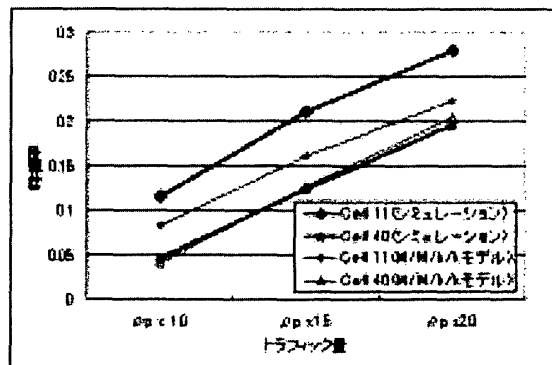
図 3: 呼損発生空間的な分布

また再呼の影響は、(a)と(c)、(b)と(d)の比較より、再呼によるトラフィック量の増加によって呼損率の増加がみられた。駅をカバーするようなセルなど、利用者が集中するセルにおいて呼損が発生する可能性が高くなり、その結果、再呼待ち状態に陥る利用者が増加する。そして周囲のセルに移動することで周囲のセルにも再呼待ちの利用者が増加し、トラフィック量が大きくなるため、結果として呼損率が大きくなっていく。つまり高呼損率のセルの周囲では再呼を考慮の有無により、セル間の相互作用による呼損率評価にずれが生じている。セルラー方式移動体通信システムの性能評価に関する研究で、セル毎の呼の到着に独立性を仮定しているものが多いが、上記の結果はこのような複数セルでのセル間の相互作用を評価の必要性を示唆する。

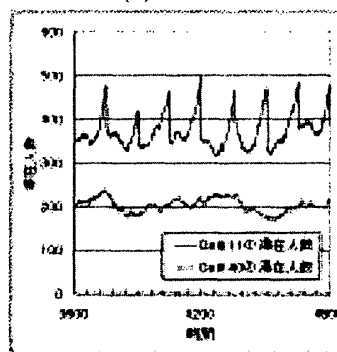
#### M/M/k/k 待ち行列モデルとの比較

シミュレーションによって得られた呼損率と、M/M/k/k 待ち行列モデルで計算した呼損率を比較する。M/M/k/k での  $\lambda, \mu$  はセル毎にシミュレーションで計測された値で計算している。図 4(a) では Cell 11 と Cell 40 のシミュレーションで計測された呼損率と M/M/k/k による呼損率を  $\rho_p$  毎に比較したものである。ここから、 $\rho_p$  の値によらず、Cell 11 の呼損率は M/M/k/k による評価とずれ、Cell 40 の呼損率のほうはほぼ一致している。

Cell 11 は主に駅のホーム上をカバーしているセルで、Cell 40 は駅から北西方面に 300m ほど離れた位置のセルである。図 4(b) でセル内滞在人数の時間推移を比較したものである。この図から、電車による利用者数変動から受ける影響の差が顕著に表れている。この結果から、利用者の到着にポアソン到着を仮定しても問題ないセルもある一方で、集団で利用者が発生するような Cell 11 のように都市構造や利用者行動を考慮すべき



(a) 呼損率



(b) セル内滞在人数の推移

図 4: Cell 11 と Cell 40 の比較

セルも存在することがわかる。

#### 4. まとめと今後の課題

実際の地図データや発呼行動に関するデータ等、比較的容易に入手することができるデータを用いて性能評価を行うことができる汎用的なシミュレーションシステムを開発した。本システムによる実験で、利用者行動を考慮したシミュレーションによって、都市構造に従った移動や再呼などの利用者行動の考慮や、都市構造による利用者到着、退去の特徴などの要素の組み合わせによって性能評価に差が生じることが分かった。今後の課題として、再呼以外の利用者行動を考慮したり、ソフトハンドオフなどの制御方式の考慮、通話だけでなく CDMA 方式によるデータ通信品質に関する性能評価、制御信号の輻輳に関する評価、など、シミュレーションならではの評価を行っていきたい。

#### 参考文献

- [1] Kenneth Mitchell, Khosrow Sohraby, "An Analysis of the Effects of Mobility on Bandwidth Allocation Strategies in Multi-Class Cellular Wireless Networks", *IEEE Infocom 2001 Technical Program*.
- [2] Kurt Tutschku, "Models and Algorithms for Demand-oriented Planning of Telecommunication Systems", pp.37-47, 1999.
- [3] Sami Nousiainen, Krzysztof Kordybach, Paul Kemppi, "User Distribution and Mobility Model Framework for Cellular Network Simulations", *IST Mobile & Wireless Telecommunications Summit 2002*