

携帯電話基地局配置に着目した利用可能範囲と電磁波被曝範囲

02203200 筑波大学 *坂上友紀 SAKAGAMI Yuki
01009480 筑波大学 大澤義明 OHSAWA Yoshiaki

1 はじめに

近年の携帯電話の急速な普及により、多くの携帯電話基地局が都市内に設置されている。一方で基地局から発せられる電磁波の人体影響への不安から基地局建設反対運動も起きており、迷惑施設としても位置づけられている。そこで本研究では、携帯電話の利用可能範囲と電磁波被曝範囲の割合とのトレードオフ関係をモデル化し、ランダムな配置と比較して現状の配置パターンを特徴づける。また、現在事業者が個々に設置している携帯電話基地局を、事業者間で共同利用することによってこのトレードオフ関係がどのように変化するのかについて論じる。

2 携帯電話利用可能範囲と電磁波被曝範囲

携帯電話基地局は密度 ρ で一様にランダムに配置している状況を考える。基地局に設置されているアンテナの性質は同じで指向性はなく、携帯電話利用可能範囲は基地局からの距離のみに依存するとする。また基地局より発せられる電磁波に被曝する範囲もまた距離のみに依存するとする。これらの仮定の下で、空間ポアソン過程の結果から地域内の携帯電話利用可能範囲の割合 P_a は

$$P_a = 1 - e^{-\rho \cdot S_a} \quad (1)$$

となる。ただし S_a は1基地局がカバーする面積である。地域内の電磁波被曝範囲の割合 P_r は

$$P_r = 1 - e^{-\rho \cdot S_r} \quad (2)$$

となる。ただし S_r は1基地局が発する電磁波に被曝する面積である。ここで $\alpha = S_a/S_r$ とすると、 α は、携帯電話利用可能範囲面積に占める電磁波被曝範囲面積の割合であり、本研究では危険率と呼ぶ。ただし $0 \leq \alpha \leq 1$ であり、(1)、(2) 式より

$$P_r = 1 - (1 - P_a)^\alpha \quad (3)$$

となる。利用可能範囲の割合と電磁波被曝範囲の割合とのトレードオフの関係式(3)を図1に示す。当然のことだが、携帯電話利用可能範囲の割合が広がると、電磁波被曝地域も広がるということがわかる。また、危険率 α が小さい時、利用可能範囲が1.0に近づくにつれて電磁波被曝範囲は急上昇する。

3 携帯電話基地局の現状の配置状況

実際の携帯電話基地局の配置について、都心と郊外とを比較するため、愛知県名古屋市と茨城県つくば市

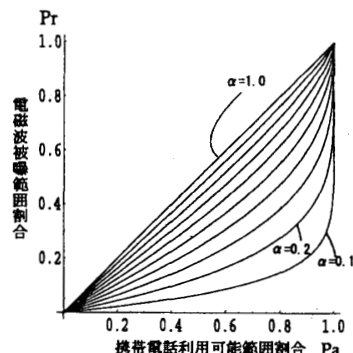


図1: 携帯電話利用可能割合と電磁波被曝割合の関係

とを取り上げる。2001年10月現在の基地局の配置状況を両市同一スケールでプロットし、図2に示す。基地局数は、名古屋市、つくば市それぞれ414局、37局であり、その結果、基地局密度はそれぞれ $\rho = 1.27$ (局/km²)、 $\rho = 0.14$ (局/km²) となる。

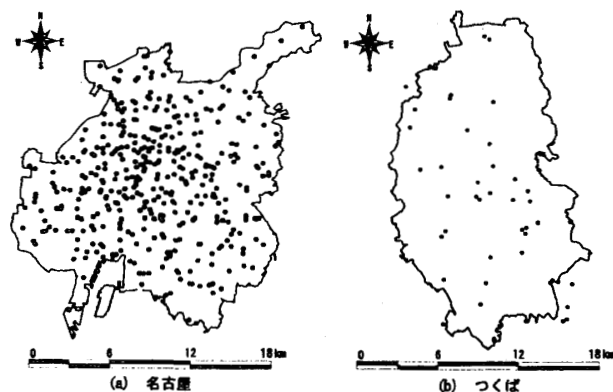


図2: 携帯電話基地局の配置状況

両市において基地局密度が異なるのは、利用者密度の違いからであり、ひとつの基地局がカバーする範囲内では一度に携帯電話が利用できる人数は限定される。カバーする範囲を小さくすることで多くの利用者へ同時にサービスが提供できる。名古屋市の人口密度はつくば市の10.7倍であるので、利用者密度をも考慮し、名古屋市の利用可能範囲を基地局から1km、つくば市では3kmと設定する。電波は基地局のアンテナ部分から200m離れれば十分減衰するというE. Moulder[2]の既存研究より、両市ともに基地局から200mの範囲を電磁波被曝地域と設定する。このとき危険率 α は、名古屋市では $\alpha = 0.04$ 、つくば市では $\alpha = 0.0044$ となる。

現在の配置データから P_a 、 P_r の組合せ (P_a , P_r) を算出する。名古屋市において (P_a , P_r) は、ランダム

配置の時は, (0.981, 0.147), 現状配置の時は, (0.983, 0.138) である。現状がランダム配置よりも利用可能範囲が大きく, 電磁波被曝範囲が小さい状態である。これは効率的にサービスを提供し, 一方で電磁波被害を抑えるような配置をしているといえる。マクロ的に見ると, 全体をカバーするために基地局が様に分布しているのだが, ミクロ的に見ると, 用地制約や高層建築物立地の影響のため, 一ヶ所に複数の事業者が集中して基地局を設置しているためである。一方, つくば市において, (P_a, P_r) はランダム配置の時は, (0.981, 0.147), 現状配置の時は, (0.976, 0.016) である。現状がランダム配置よりも利用可能範囲, 電磁波被曝範囲ともに小さいという状態になっている。これはつくば市では比較的人口の多い場所に集中的に基地局を設置しているためであり, ランダムな配置に比べ, 偏りがある配置になっているためだと考えられる。

4 携帯電話基地局の共同利用

現在4事業者が個々に配置している基地局を共同利用することによってサービスする基地局数を減らし, 電磁波被曝地域を狭くすることを考える。基地局の減らし方としては, 事業者単位で減らすときのことを想定する。

表 1: 共同利用時における現状配置とランダム配置との比較

愛知県名古屋市					茨城県つくば市				
基地局の組合せ					基地局の組合せ				
NO.	A社	B社	C社	D社	基地局数	密度 ρ (局/km ²)	ランダムな配置との比較分類	基地局数	密度 ρ (局/km ²)
1	●	●	●	●	414	1.268	II	37	0.143
2	●	●	●	●	332	1.017	II	33	0.127
3	●	●	●	●	318	0.974	II	29	0.112
4	●	●	●	●	315	0.965	II	28	0.108
5	●	●	●	●	236	0.723	II	25	0.096
6	●	●	●	●	233	0.714	II	24	0.092
7	●	●	●	●	277	0.849	II	21	0.081
8	●	●	●	●	219	0.671	II	20	0.077
9	●	●	●	●	137	0.420	II	16	0.062
10	●	●	●	●	195	0.597	II	15	0.058
11	●	●	●	●	181	0.554	II	13	0.050
12	●	●	●	●	178	0.545	II	12	0.046
13	●	●	●	●	99	0.303	II	9	0.035
14	●	●	●	●	96	0.294	II	8	0.031
15	●	●	●	●	82	0.251	II	4	0.015

表 1 は, どの事業者の基地局を使用するか組合せパターンと, その時の基地局の密度, ランダム配置との比較を分類したものである。各組合せパターンについて, ランダム配置との比較を表 2 のように分類する。図 3 は表 1 で示したすべての組合せに対応した (P_a, P_r) を●で示し, この密度 ρ に対応したランダム配置 (P_a, P_r) を○で示す。ここで, 図 3 において, 分類 I は●が○の南西方向, 分類 II は●が○の南東方向, 分類 III ●が○の北東方向に位置する状況である。分類番号が増えるに従い, ○から●へ方向ベクトルの角度は大きくなるように番号付けてある。

この図から, 両市において 90 % の利用可能水準を

保ったままで被曝面積の割合を現状の 6 割程度に抑えることができることが読み取れる。

名古屋市においては, すべて分類 II の状態であったが, 共同化が進むにつれて○から●へ方向ベクトルが長くなり, 電磁波被曝範囲を一定に抑え, 利用可能範囲を広く確保できることを示している。一方, つくば市においては, 分類 I, II, III どのパターンも存在するが, 共同化が進むにつれて分類 III の状態が増えていく。○から●へ方向ベクトルの角度が大きくなり, 基地局の配置が一樣, かつ偏りのない状態に近づいていることを示している。

表 2: ランダム配置と現状との比較分類

		携帯電話利用可能範囲	
		ランダムに比べて小さい	ランダムに比べて大きい
電磁波	ランダムに比べて大きい	該当なし	Ⅲ
被曝範囲	ランダムに比べて小さい	Ⅰ	Ⅱ

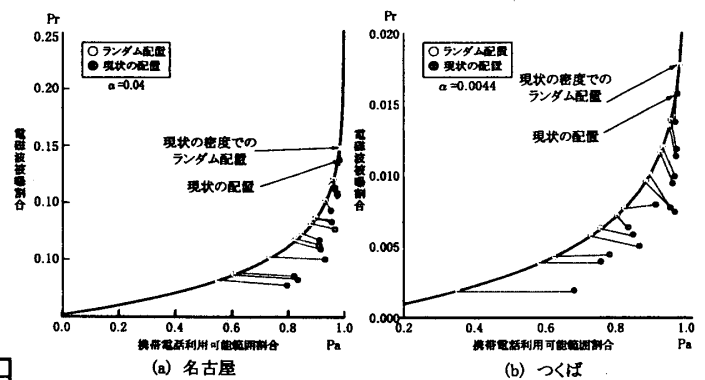


図 3: 共同利用時のトレードオフ関係

5 おわりに

携帯電話利用可能範囲と電磁波被曝範囲とのトレードオフ関係に着目した。事業者単位で共同化を進めた場合, サービス水準も高く, 電磁波被曝の割合も低い共同化の組合せがあることを示すことができた。また, ランダムな配置との比較から, 名古屋市では, 総じて一様に基地局を配置しているのだが, 複数の事業者がかたまつて近くに配置していること, つくば市では, 人口の多いところに集中して基地局を配置していることがわかった。

参考文献

- [1] 谷村秀彦, 梶秀樹, 池田三郎, 腰塚武志 (1986): 都市計画数理. 朝倉書店.
- [2] John E. Moulder (2001): Human Exposure to Radio Frequency and Microwave Radiation from Portable and Mobile Telephones and Other Wireless Communication Devices, A COMAR Technical Information Statement IEEE Eng Med Biol, Jan/Feb 2001, pp 128-131.