

移動通信系におけるチャンネル割当法とトラヒック特性の評価

准員 長束 澄也<sup>†</sup>      正員 仙石 正和<sup>†</sup>  
 正員 山口 芳雄<sup>†</sup>      正員 阿部 武雄<sup>†</sup>

An Evaluation of Telephone Traffic Characteristics of Various Channel Assignment in a Mobile Radio Communication System  
 Sumiya NAGATSUKA<sup>†</sup>, Associate Member, Masakazu SENGOKU<sup>†</sup>, Yoshio YAMAGUCHI<sup>†</sup> and Takeo ABE<sup>†</sup>, Members

<sup>†</sup> 新潟大学工学部情報工学科, 新潟市  
 Faculty of Engineering, Niigata University, Niigata-shi, 950-21 Japan.

あらまし 小ゾーン自動車電話系においてはチャンネルの割当法によってチャンネルの利用効率が変わる。小文では、いくつかの従来のチャンネル割当法によるトラヒック特性を単に系全体のチャンネル当りの呼量だけでなく各ゾーン間での特性のばらつきも考慮して評価する。

1. まえがき

移動通信系（自動車電話系）においては使用できる周波数帯に限られることから、周波数スペクトルの有効利用が、重要な課題の一つとなっている。そのための方式として、サービスエリアを小さなゾーンに分割し複数のゾーンで同一のチャンネルを使用する小ゾーン方式がある。この系において、あるゾーンに呼（call）が生じた場合、どのチャンネルを割当てるかによってトラヒック特性が変わる<sup>(1),(2)</sup>。このチャンネルの割当法は大きく分けて、各ゾーンに常に一定のチャンネルを割当てる固定チャンネル割当法と、呼の発生に応じてチャンネルをダイナミックに割当てるダイナミックチャンネル割当法の二つがある。また、一部のチャンネルは常に一定のチャンネルを割当て、残りのチャンネルは呼の生起に応じてダイナミックに割当てるハイブリッドチャンネル割当法もある。ダイナミックチャンネル割当法には、従来から種々の方法が提案されているが、それらの基本的考え方は、「次の生起呼ができるだけ呼損にならないように今の生起呼にチャンネルを割当てる」というものである<sup>(3)</sup>。周波数の利用効率を測る場合、系全体に対して、単位周波数、単位面積当りの呼量が従来用いられてきた。ダイナミックチャンネル割当法を用いた場合、各ゾーンに同一の呼量が生起しても、ゾーンごとで運ばれる呼量が異なる場合が多い。小文では従来のいくつかのチャンネル割当法について、各ゾーンのトラヒック特性のばらつきも評価に入れて比較することを目的とする。自動車の動き方については実測に基づくもの

を使用している。

2. 種々のチャンネル割当法

複数のゾーンで同一のチャンネルを使用する小ゾーン系では、サービスエリアを小さなゾーンに分割するが、その分割方法は呼量や電波伝搬特性などのサービスエリアの性質によって異なる。あるゾーンで使用される電波は周囲のゾーンまで妨害を与えるため、同じチャンネルを使用するゾーンは、そのゾーンの周囲に干渉を避けるためのバッファゾーンを設ける必要がある。このバッファゾーンのとりかたもサービスエリアによって異なるが、 $n$ 個隣のゾーンまでをバッファゾーンとするものを  $n$  段バッファ系と呼ぶ。

小ゾーン方式におけるチャンネルの割当法には大きく分けて二つあり、各ゾーンに常に一定のチャンネルを割当てておく方法を固定チャンネル割当法といい、呼の生起に応じてチャンネルをダイナミックに割当てる方法をダイナミックチャンネル割当法という。このダイナミックチャンネル割当法の最も一般的な形は、任意のチャンネルが任意のゾーンで使用できるというものであるが、この他に、固定チャンネルとダイナミックチャンネルの両方を含むハイブリッドチャンネル割当法もある<sup>(4)</sup>。ダイナミックチャンネル割当法を用いた系のトラヒック特性を解析的に求めることは（チャンネルの割当アルゴリズムによって特性が変わるので）一般には容易ではない<sup>(5)</sup>。そのため、シミュレーションに頼らざるを得ないのが現状である。チャンネル割当法のトラヒック特性を比較するため、移動通信系の一つのモデルについて電子計算機シミュレーションを行った。

モデルとした系は次のようなものである。

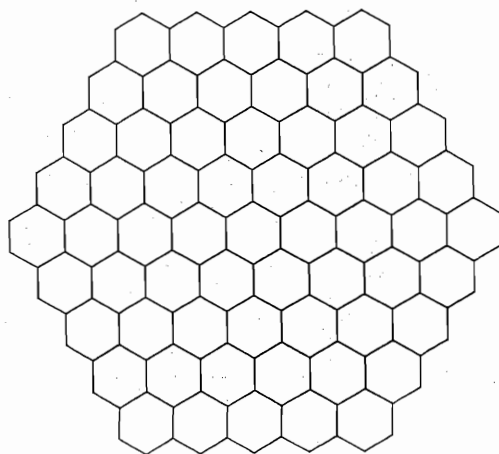


図1 サービスエリア  
 Fig.1 A service area.

(1) サービスエリアは、図1に示す、一辺が1 kmの正六角形のゾーン61個からなる。

(2) 各ゾーンにおける通話は、二つ隣りのゾーンまで干渉妨害を与えるものとする(2段バッファ系とする)。

(3) 呼は各ゾーンで一様にポアソン生起し、呼の保留時間は平均1.5分の指数分布をなすものとする。

(4) 自動車の動きについては、例えば都市内の自動車を考えても、道路、交通状況などによって異なるが、従来は実測に基づかないかなり大胆な仮定をしていた<sup>(1),(4)</sup>。小文では実測データ<sup>(7)</sup>に基づき次のような仮定をしている。

① 生起時の進行方向は一様でランダム、一定時間直進し、その時間は平均25秒の指数分布で、時間0未満を打ち切った分布とする。

② 直進速度については平均25 km/hで標準偏差15 km/hの正規分布と平均42 km/hで標準偏差8 km/hの正規分布を3:1で加えた分布で、速度0未満を打ち切った分布とする。

③ 進行方向の変化については、それまでの進行方向を中心として平均82°で標準偏差10°の正規分布と平均10°の指数分布を1:2で加えた分布で、-

180°未満および180°を越える部分を打ち切った形の分布とする。

次の4種のチャンネル割当法についてシミュレーションを行った。

(1) チャンネル割当法1:再配置接続法を行わないダイナミックチャンネル割当法。全チャンネル数は105。

(2) チャンネル割当法2:ダイナミックチャンネル割当に、第一段階の再配置接続法<sup>(4)</sup>を行った方法。全チャンネル数は105。

(3) チャンネル割当法3:ダイナミックチャンネル割当に、第一段階の再配置接続法を行った方法と、固定チャンネル割当法とを混合した、ハイブリッドチャンネル割当法。チャンネル数は系全体に35チャンネルのダイナミックチャンネルを設け、各ゾーンに10チャンネルの固定チャンネルを割当てる。全チャンネル数は105。

(4) チャンネル割当法4:固定チャンネル割当法。各ゾーンのチャンネル数は15。全チャンネル数は105。

いずれの割当法でもゾーン当りのチャンネル数は、平均15チャンネルとなる。なお、ダイナミックチャンネル割当法としては、「空きチャンネルが複数個あった場合、最初の空きチャンネルを割当てる」という、First-Available法を用いた。

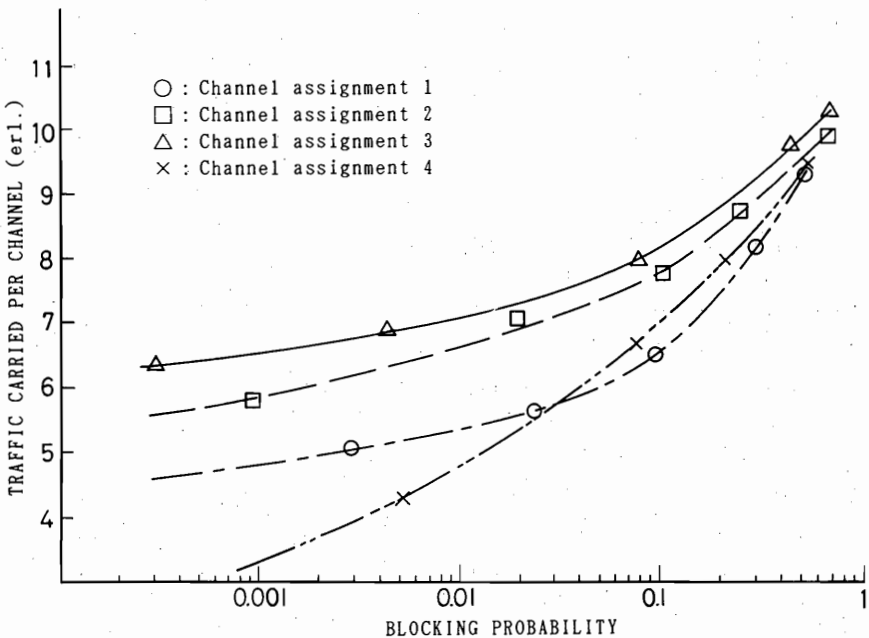


図2 シミュレーション結果  
Fig. 2 Simulation results.

図2に、それぞれのチャンネル割当法によるトラヒック特性を示す。横軸は呼損率で、縦軸はチャンネル当り運ばれる呼量である。この結果は、シミュレーション開始7.5分後より、10,000個の呼に対して、呼の生起時の呼損率を集計したものであり、通話中にサービスエリアの外に出てしまったり、ゾーン変更の際のチャンネルの割当換えでチャンネルを割り当てられずに呼損となった呼も、最後まで通話できたものとして計算されている。

また、表1に、それぞれのチャンネル割当法による周波数利用効率を示す。

これらの結果より、チャンネル割当法3のトラヒック特性が良いことがわかる。

### 3. 各ゾーンのトラヒック特性のばらつき

従来は、トラヒック特性を評価する場合はサービス

表1 周波数利用効率  
(erl/MHz/km<sup>2</sup>)

呼損率	チャンネル割当法1	チャンネル割当法2	チャンネル割当法3	チャンネル割当法4
0.005	0.6562 (1.21)	0.8089 (1.49)	0.8758 (1.61)	0.5426 (1.00)
0.01	0.6827 (1.12)	0.8405 (1.38)	0.9036 (1.49)	0.6083 (1.00)

(括弧内の数字は、  
チャンネル割当法4を1.00としたときの規格値)

表2 各ゾーンの呼損率の分布

呼損率	平均	分散	範囲	四分範囲
チャンネル割当法1	0.2886	0.0498	0.7273	0.3852
チャンネル割当法2	0.2449	0.0141	0.4516	0.2325
チャンネル割当法3	0.2378	0.0058	0.3556	0.1120

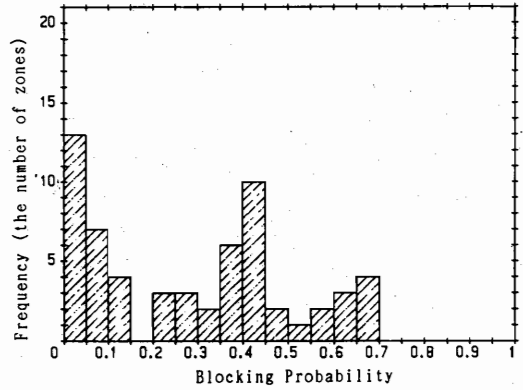


図3 チャンネル割当法1による各ゾーンの呼損率の分布のヒストグラム

Fig.3 The histogram of blocking probability for the channel assignment 1.

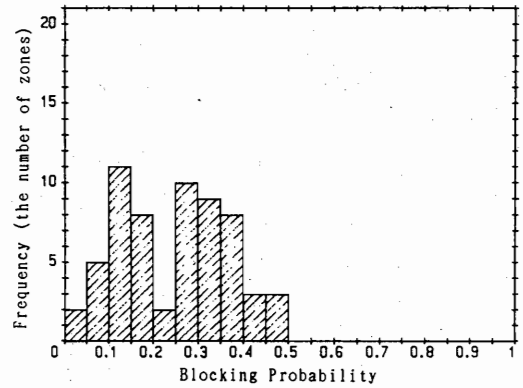


図4 チャンネル割当法2による各ゾーンの呼損率の分布のヒストグラム

Fig.4 The histogram of blocking probability for the channel assignment 2.

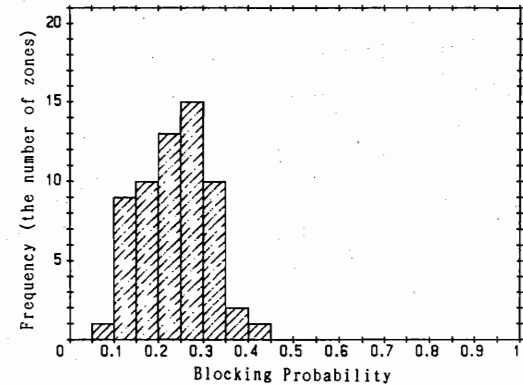


図5 チャンネル割当法3による各ゾーンの呼損率の分布のヒストグラム

Fig.5 The histogram of blocking probability for the channel assignment 3.

エリア全体で運ばれる呼量(単位周波数, 単位面積当りの呼量)を用いていた。この方法の問題点としては、例えば図1のサービスエリアで、あるチャンネル割当法ではサービスエリアの外側のゾーンはバッファゾーンが少ないため、呼損率が小さく、中心のゾーンではかなり呼損率が高くなっていることである。言い換えれば、チャンネル割当法を比較するとき、全体の呼損率は同じでも、かなり高い呼損率のゾーンと呼損率の低いゾーンが存在するものもあり、全体の呼損率が同一ということのみでチャンネル割当法の良さを同一とみなすのは好ましくない。一般には系全体の呼損率が低くかつ各ゾーンの呼損率のばらつきが少ないものが良い。ここでは、2.で示した4種のチャンネル割当法のうち固定チャンネル割当法を除いたものによる、各ゾーンに加わる呼量が同一の20 erlのときの各ゾーンの呼損率の平均、分散を表2に示す。ゾーンの呼損率の(度数分布)ヒストグラムを図3から図5に示す。

表2において、範囲とは、最大値と最小値の差であり、四分範囲とは、小さい方から3/4, 1/4の位置にある値の差である。表2を見ると、平均にはあまり違いがないが、分散、範囲、四分範囲には、大きな違いが見られる。また、図3から図5を見ると、チャンネル割当法1では、平均付近の度数が小さく横に広がった分布となっているが、チャンネル割当法3では、平均付近が最も度数が大きく、正規分布に近い分布となっている。チャンネル割当法3は、他のチャンネル割当法よりも、呼損率の平均が小さく、更に、サービスエリア全体において、呼損率が比較的一様であり比較したチャンネル割当法の中では良いトラヒック特性を示す。この例では、系全体の呼損率が小さいと各ゾーンのばらつきも小さくなっているが、これは常に成り立つとは限らない。系全体の呼損率が小さいが各ゾーンのばらつきが大きくなることもある。例えばチャンネル割当法1とチャンネル割当法4(固定チャンネル割当法なので各ゾーンの呼損率のばらつきは理論的には無い)では、チャンネル割当法1は系全体の呼損率は小さい(低呼損率において)が、各ゾーンのばらつきは大きい。これらを考

え合わせると、サービスエリア全体のトラヒック特性を評価する際には、系全体の呼損率だけでなく、分散、範囲なども考慮したほうが良いことがわかる。

#### 4. む す び

サービスエリア全体におけるトラヒック特性を評価する場合には、呼損率の平均だけでなく分散や範囲なども考慮しなければならないことを示した。この点から考えると、比較したチャンネル割当法の中では再配置接続を含むハイブリッドチャンネル割当法のトラヒック特性が一番良いことがわかった。なお、電子計算機シミュレーションは実測に基づく自動車の動きを仮定して行った。再配置接続はチャンネルの利用効率を上げるのに有効な手法である。今後は、各ゾーンの呼損率のばらつきをさらに抑えながら、再配置接続法を有効に利用するチャンネル割当アルゴリズムの開発が必要である。

#### 文 献

- (1) Edited by W. C. Jakes : "Microwave Mobile Communications", (Chapter 7, pp. 545-), John Wiley & Sons Inc. (1974).
- (2) M. Sengoku, K. Itoh and T. Matsumoto : "A dynamic frequency assignment algorithm in mobile radio communication systems", Trans. IECE, Japan, **E61**, pp. 527-533 (July 1978).
- (3) M. Sengoku : "Telephone traffic in a mobile radio communication system using dynamic frequency assignments", IEEE Trans. Veh. Technol., **VT-29**, 2, pp. 270-278 (May 1980).
- (4) 仙石, 倉田, 梶谷 : "移動通信系への再配置接続の適用", 信学論(B), **J64-B**, 9 pp. 978-985(昭56-09).
- (5) 仙石, 倉田, 刈谷, 阿部 : "移動通信系のハイブリッドチャンネル割当への再配置接続の適用", 信学論(B), **J65-B**, 3, pp.340-341 (昭57-03).
- (6) 仙石, 工藤, 阿部 : "小ゾーン方式移動通信系における適応型チャンネル割当アルゴリズム", 信学技報, **CAS84-61** (1984).
- (7) 仙石, 和泉, 吉越, 阿部, 山口, 阿達, ほか : "自動車電話システムのトラヒック解析のための自動車の動きの測定(I), (II)", 昭59, 昭60 信越支部連大, 59, 79.
- (8) 仙石正和 : "自動車電話の周波数有効利用—チャンネルの割当アルゴリズム—", 信学誌, **69**, 4, pp.350-356(昭61-04).  
(昭和63年4月8日受付)