

# 災害対策用無線システムの運用をサポートする置局設計ツールの開発

東日本大震災以降さまざまな災害が多発し、災害対策用無線システムの重要性が再認識されています。その高度化が進む一方、災害時に災害対策用無線システムの設置場所を最適化する置局設計が重要となります。また、置局設計においては設計者の技術力によらず、誰が実施しても同じ設計を可能とする技術が必要となっています。今回、災害対策を考慮した置局設計ポリシー・技術の確立およびツール化により、災害発生時の置局設計を容易にしました。

とくやす ともひろ たつた つとむ  
 徳安 朋浩 / 立田 努  
 なかむら ひろゆき  
 中村 宏之

NTTアクセスサービスシステム研究所

## 背景

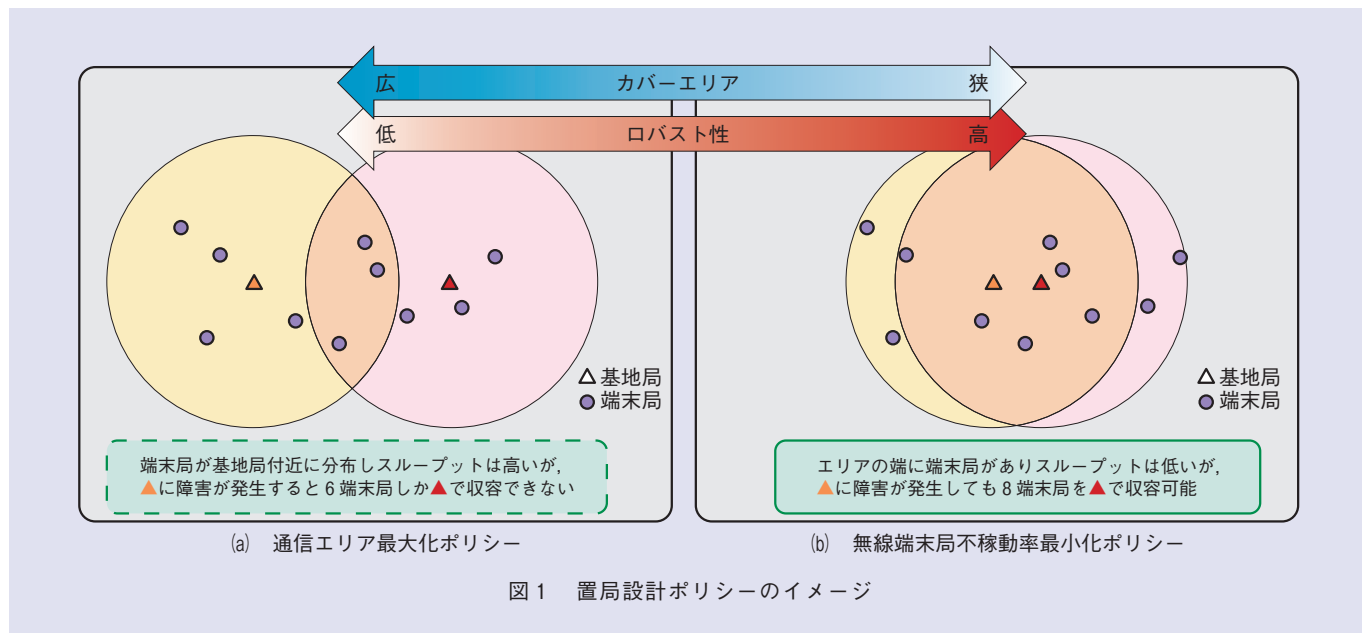
災害対策用無線システムは装置の可搬性や災害対策用途の周波数バンドを用いた信頼性の高い通信確保の観点から早期復旧に強みがあります。また、今後予測されます広域災害への対応として、1台の無線基地局で複数台の無線端末局を収容するP-MP (Point to Multi - Point) 通信や同時利用可能なチャンネル数を増加させる狭帯域化などさまざまな高度化が進んでいます。さらに、高度化された無線システムを有

効に活用するためには無線装置（無線基地局と無線端末局の総称）の設置場所が重要となってきます。しかしながら、専門スキルを持った人材の減少が進んでおり、最適な設置場所の判定が困難となる中で、設計者の技術力によらず誰が実施しても同じ設計を可能とする置局設計技術が必要となります。

そこで、災害対策を考慮した置局設計技術を確立しツール化して、誰でも容易に無線装置の設置場所を判定可能とすることで、災害対策用無線システムをより有効に利用可能としました。

## 災害対策を考慮した置局設計ポリシー

無線装置設置場所は置局設計ポリシーによって決定されます。例えば、移動体通信などで多く用いられるポリシーとしてはできるだけ少ない基地局数で不感地をなくす“通信エリア最大化”（図1(a)）、より多くの端末局を収容することを目的とする“通信容量最大化”，よりスムーズなハンドオーバーを実現する“高速移動円滑化”などがあります。



しかし、災害対策を考慮した置局設計ポリシーは世界的にもあまり見られません。災害時には、①常設する無線基地局を互いに補完し合える位置関係に設置することで、一方の無線基地局が不稼働となっても他方の無線基地局でより多くの無線端末局を収容可能とする“無線端末局不稼働率最小化”，②干渉の影響を軽減してより多くの無線端末局を収容可能とする“干渉軽減による多無線端末局収容”という2つのポリシーが重要と考えます。そこで、2つのポリシーを実現するための置局設計技術を確立しました。

■無線端末局不稼働率最小化

無線端末局不稼働率最小化ポリシーを図1(b)に示します。あらかじめ設置しておいた無線基地局が被災によって使えなくなっても、その影響の範囲を最小にとどめることを目的としたロバスト性の高い置局設計ポリシーです。

2つの無線基地局の設置場所には、トラフィック密度（無線端末局の分布密度）と各無線基地局の不稼働となる確率によって決定される最適解があります。2つの無線基地局による無線端末局収容確率 $P_i$ は、図2の検討モデルにおいて、各無線基地局設置位置を $x_1, x_2$ としたときの無線端末局収容確率 $P_s(x_1), P_s(x_2)$ 、および各無線基地局の不稼働率 $pf_1, pf_2$ をパラメータとする関数として次式で表すことができます。

$$P_i(x_1, x_2) = (1 - pf_1)(1 - pf_2) \cdot P_s(x_1, x_2) + (1 - pf_1)pf_2 \cdot P_s(x_1) + (1 - pf_2)pf_1 \cdot P_s(x_2)$$

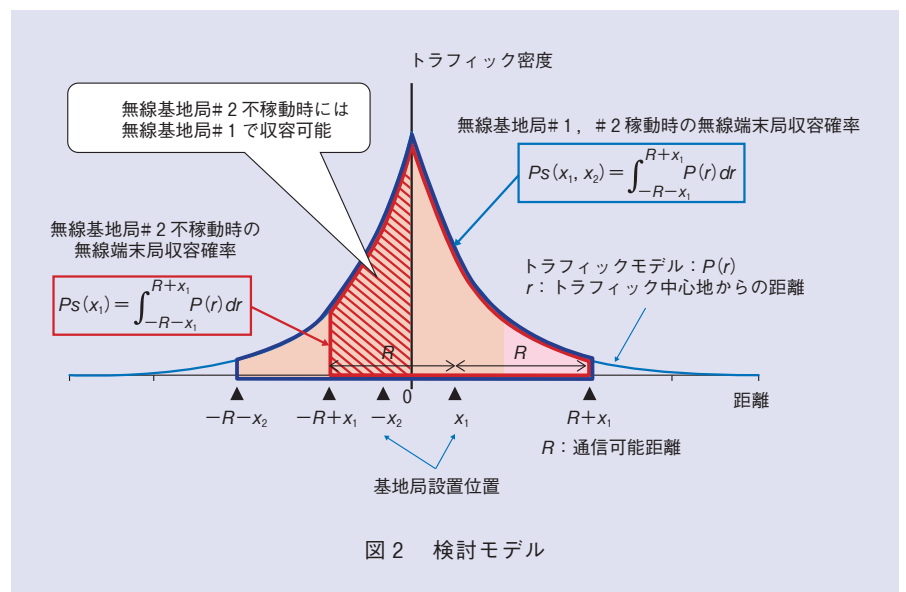
ここで、無線基地局の不稼働率 $pf_1, pf_2$ は過去の実績や設置されるNTT通信ビルの災害対策レベルによって決められ、トラフィック密度は災害が発生した地域の特性（トラフィックの集中度など）により決まります。この無線端末局収容確率 $P_i$ を最大化する $x_1, x_2$ を求めることで無線端末局の不稼働となる確率を最小化することができます。

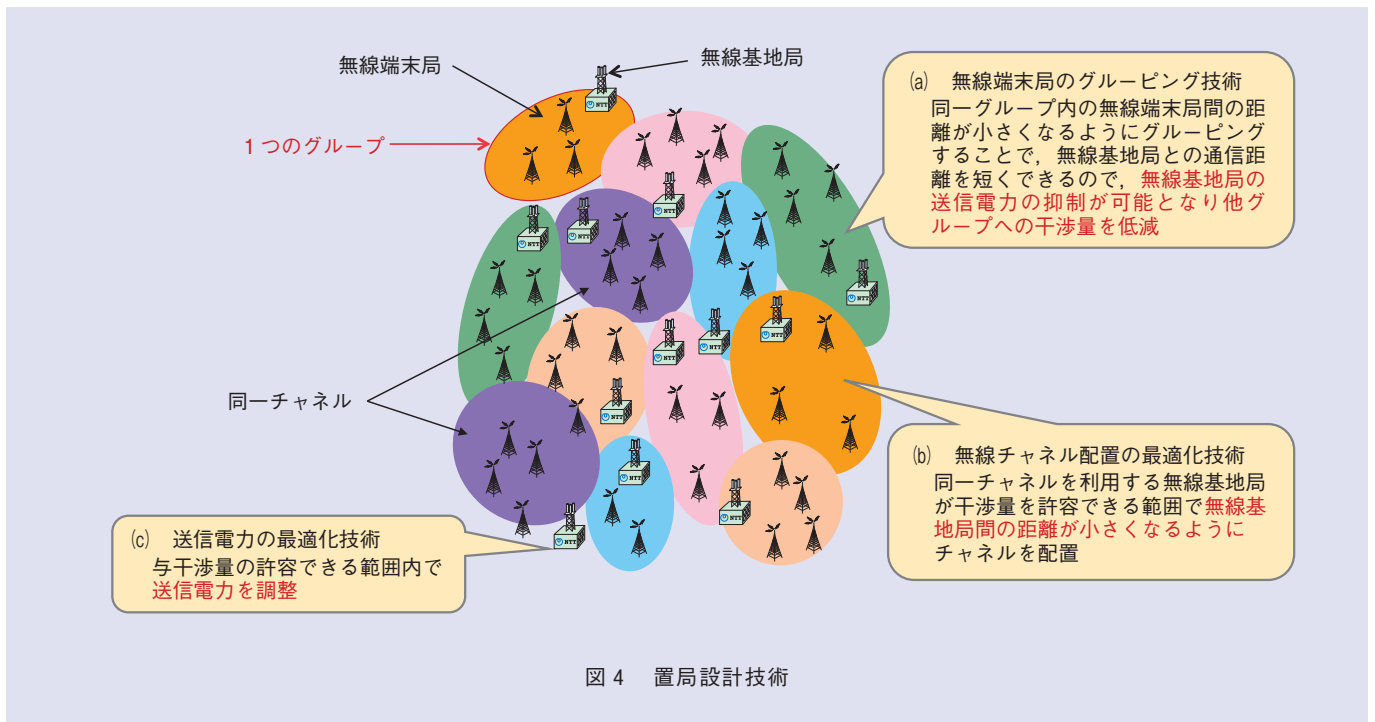
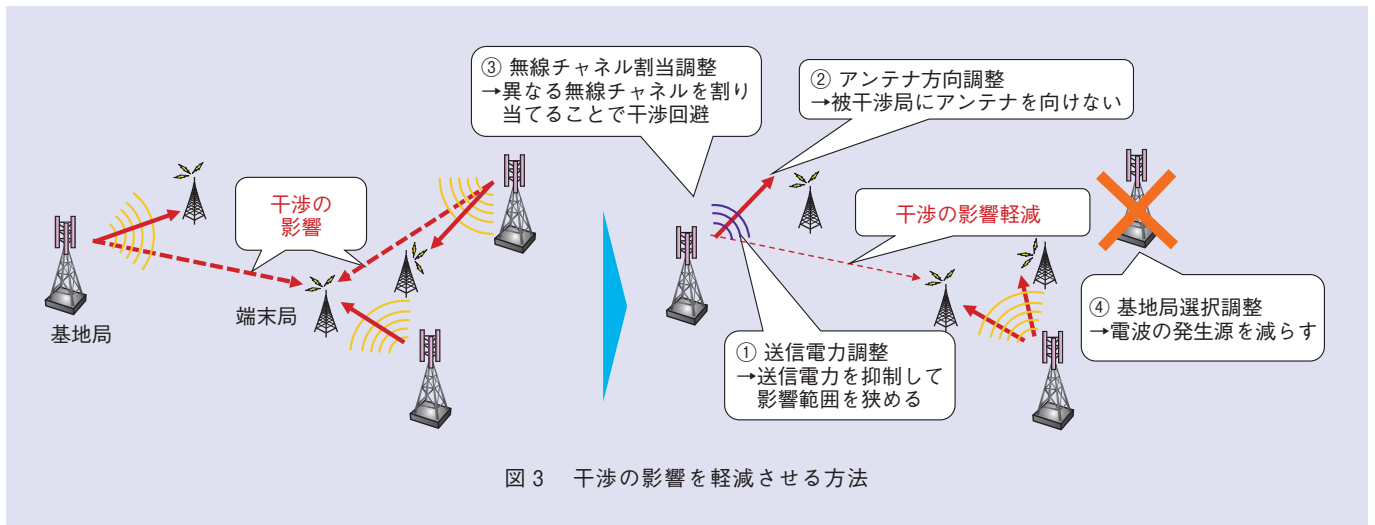
■干渉軽減による多無線端末局収容

災害対策用無線システムは長距離通信を可能とする反面、多数の無線装置を設置した場合には無線チャンネル数には限りがあるため同一チャンネルを利用する無線装置間の距離を十分に確保できなくなり、相互の干渉の影響が大きくなります。干渉の影響を軽減する対策は複数あります。通例では無線装置自体に干渉の影響を軽減させる設備（フィルタ等）を設置しますが、装置の大型化につながります。しかし、新

たな設備を設置することなく運用で対応することも可能な場合もあります。例えば、①送信電力を抑制することで他者への与干渉量を低減したり、②指向性アンテナの方向を他者へ向けないように調整したり、③近隣他者とは異なる無線チャンネルを割り当てたり、④無線基地局数の削減などがあります（図3）。しかしながら、これらをどう組み合わせるかを決定することが重要かつ困難であるため、置局設計技術が必要となります。

運用により干渉の影響を軽減するためには、同じ無線チャンネルをできるだけ近くで繰り返して使えるようにすること、つまり同じ無線チャンネルを使うことによる相互の干渉量を低減することが求められ、①～④の対策の組み合わせを最適化することで実現します。まず、同一無線基地局と通信する無線端末局を近距離でグルーピングして無





線基地局との通信距離を短くすることで、無線基地局の送信電力抑制が可能となり他グループへの干渉の影響を低減します(図4(a))。次に同一チャンネルを利用する無線基地局が干渉量を許

容できる範囲でできるだけ近付けられるように無線チャンネルを配置し(図4(b))、最後に無線基地局の送信電力を与干渉量の許容範囲内で調整する(図4(c))置局設計技術を確立しました。

### ツール化

置局設計には、その無線システムに関する高い知識と無線全般に対する高いスキルが要求されます。また、無線

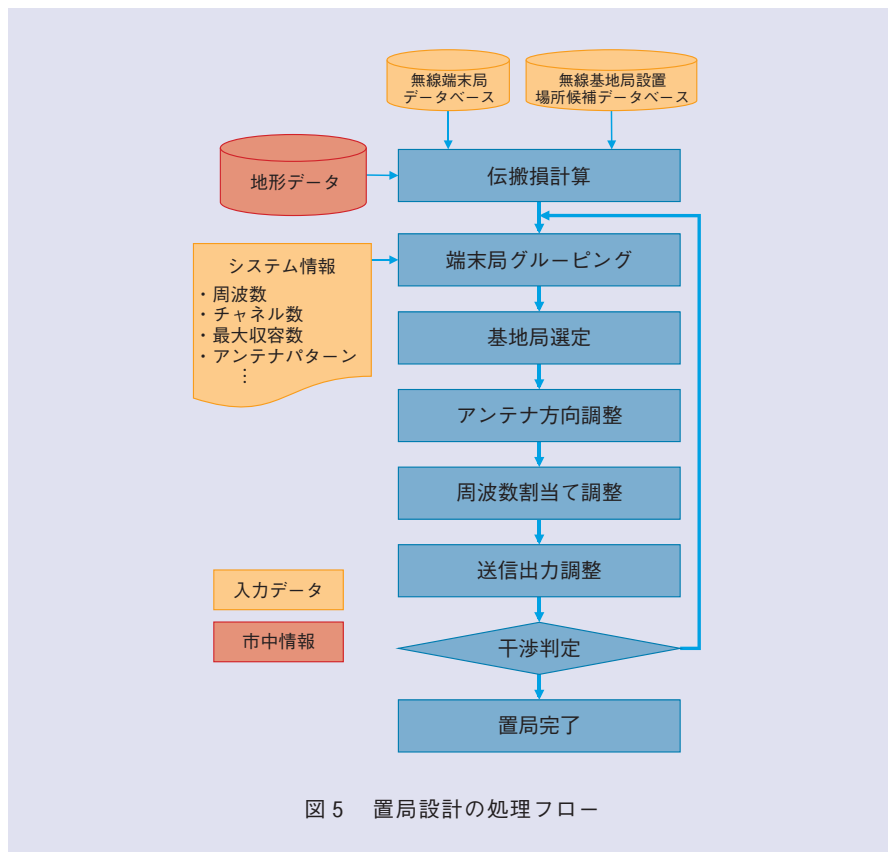


図5 置局設計の処理フロー

システムの多様化・高度化が進むにつれて無線装置設置位置の決定はより困難になってきています。そのため、置局設計技術をツール化することは、設計者のスキルにかかわらず誰が実施しても同様の結果が得られることが最大のメリットとなります。処理フローを図5に示します。設計者は無線基地局設置候補となる場所のデータベースと無線端末局設置場所のデータベース、および無線システムのシステム情報を用意することで置局設計が可能です。

### 高精度置局設計への対応

本ツールでは置局設計のベースとな

る伝搬損計算にITU-R (International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector) の勧告式であるP.1812を採用しています。同式は遮蔽損失や回折損失等の地形の影響およびダクトの影響を考慮したVHF (Very High Frequency) /UHF (Ultra High Frequency) 帯において一般化された伝搬損推定式であり、伝搬路ごとに地形プロファイルを算出してパスごとの損失評価を行う精度の高いものです。

さらに、P.1812よりも高精度な伝搬損計算方法として建物データベースを用いた方法もあります。本ツールで

は、異なる伝搬損計算ツールによる計算結果であってもフォーマットを合わせた伝搬損データベースを作成することでインポートすることも可能としており、より高精度な置局を実施することも可能としています。

### 今後の展開

本置局設計技術および置局設計ツールは災害対策用無線システムを対象として実用化しました。置局設計技術自体は無線システムに依存するものではなく、多様な無線システムへの採用が可能です。今後は本置局設計技術の災害対策用無線システム以外への適用について取り組んでいく予定です。



(左から) 徳安 朋浩/ 立田 努/  
中村 宏之

災害対策用無線システムのシステム開発だけでなく、その運用性を高めるためのツールについても研究開発を進めています。システム導入の促進につながれば幸いです。

#### ◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所  
無線エントランスプロジェクト  
レジリエント無線グループ  
TEL 046-859-8693  
FAX 046-859-4311  
E-mail ereg@lab.ntt.co.jp