

LTE 置局設計支援ツール (CELPLA L) の開発

LTE サービス「Xi」(クロッシィ)の導入に伴い、LTE エリア設計・構築に必須な置局設計パラメータを短期間でかつ自動で生成可能とする LTE 置局設計支援ツール (CELPLA L) を開発した。本ツールは、置局設計者の技術スキルの高低にかかわらず、自動的に最適なパラメータの設計を可能とし、LTE サービス品質の維持・安定化が図られている。さらに、作業時間の短縮、設定誤りのリスクなどを大幅に削減し、LTE エリアのスムーズな拡大を可能とした。

無線アクセスネットワーク部

かわじり たかふみ やまだ じゅんじ
川尻 崇文 山田 淳司
うえひろ けんじ たにがわ だいすけ
上廣 健二 谷川 大祐
なかみなみ なおき
中南 直樹

1. まえがき

ドコモでは高速、大容量、低遅延を特長とした LTE サービスを 2010 年 12 月より開始し、エリアの拡大に日々努めている。LTE 基地局数は、2011 年 7 月末時点において約 1,700 局に達し、2011 年度末までに約 7,000 局以上の設置を目指している。

LTE 基地局の運用開始までに至る工程は、エリア選定、基地局装置種別の選択、基盤確保などの検討・調整に加え、当該局に最適な置局設計パラメータの検討など多岐にわたる。そのため、これら工程の効率化・最適化は必要不可欠であり、特に置局設計パラメータの効率化は、その複雑さや作業量を考えた場合、非常に大きな効果が得られる。

置局設計パラメータは LTE 方式の

利点を最大限に考慮した運用方針・設計方針に基づき策定するが、さらに、局ごとに固有の設定値を適用することでサービス品質の向上を図る。一方、これらパラメータは、表 1 に示すように多種多様な設計項目があり、RRS (RACH Root Sequence)^{*1}[1]や NRT (Neighbor Relation Table)^{*2}をはじめ、特に PCI (Physical Cell ID)^{*3}[1]に関してはローカル ID^{*4}、セルグループ ID^{*5}、

ホッピングパターン^{*6}の 3 つのグループ ID が相互に作用するため、手で設計することは非常に困難である。また、これらのパラメータ設定が適切でない場合、スループット^{*7}低下などのサービス品質低下を招くだけでなく、最悪の場合はユーザの通信の接続ができず、ユーザへの影響が非常に大きなものとなる。

これら課題解決に向け、LTE 置局設計支援ツール (CELPLA L :

表 1 置局設計パラメータの 3G と LTE の比較

LTEパラメータ		W-CDMAパラメータ	用途
PCI	ローカルID	PSC [*]	セルの識別用のID
	セルグループID		
	ホッピングパターン		
RRS		設計不要	上り無線リンク確立のための信号
NRT (LTE⇒LTE) (LTE⇒W-CDMA) (W-CDMA⇒LTE)		ZT (W-CDMA⇒W-CDMA)	ハンドオーバーに必要な 周辺セル設計

※PSC (Primary Scrambling Code) : W-CDMA方式におけるセル識別用ID

CELPLAnning for Lte) の開発を行った。本稿では、CELPLA Lの機能概要およびCELPLA LによるLTE置局設計パラメータの設計手法について解説する。

2. CELPLA L 概要

CELPLA Lは、LTEエリア設計に必要なパラメータを短期間でかつ自動で生成可能なツールである。パラメータの設計方法は、図1に示す通り、①基地局情報・パラメータ入力、②パラメータ算出、③算出結果出力のステップで構成される。

①基地局情報・パラメータの入力

W-CDMAおよびLTE基地局の情報（緯度、経度、アンテナ高、電波の放射方向など）および基地局を構成するパラメータ（基地局装置種別、管轄エリア*⁸、伝搬遅延補正值*⁹、高速動線フラグ*¹⁰など）を、設計データベース入力部より設計データベース管理部へ入力し、基地局情報管理部およびパラメータ管理部で保持する。このうちW-CDMA基地局の情報については、ハンドオーバ*¹¹に必要となる周辺セル設計*¹²で利用する項目である。

②パラメータ算出

置局設計に必要なPCI、RRSおよびNRTについて、入力した基地局情報およびパラメータに基づき、パラメータ設計部にて自動で最適な値が算出される。また、基地局の設置環境等に応じて個別に手動での調整が

可能である。

③算出結果出力

パラメータ設計部にて自動で設計されたLTE基地局装置に投入するパラメータが設計結果出力部より出力される。また、既存の基地局パラメータと比較し、差分のあるパラメータのみ出力する機能を有する。

これらLTE置局設計に必要なパラメータのうち、PCI、RACHを中心に、CELPLA Lでの設計方法について解説する。

3. PCI設計

3.1 PCI概要

移動端末は通信する基地局のセクタ識別を行うため、セクタごとに0~503まで504通りのIDを割り当てる。このIDがPCIである。PCI関連パラメータを図2に示す。504個からなるPCIは近接セクタで重複がないよう一定の離隔が必要である。また、PCIはローカルID、セルグループID、ホッピングパターンの3つのIDにより一意に決定されるが、各IDについても、割り当てるセクタ数に応じて繰返し使用する必要がある。PCIおよび各IDの

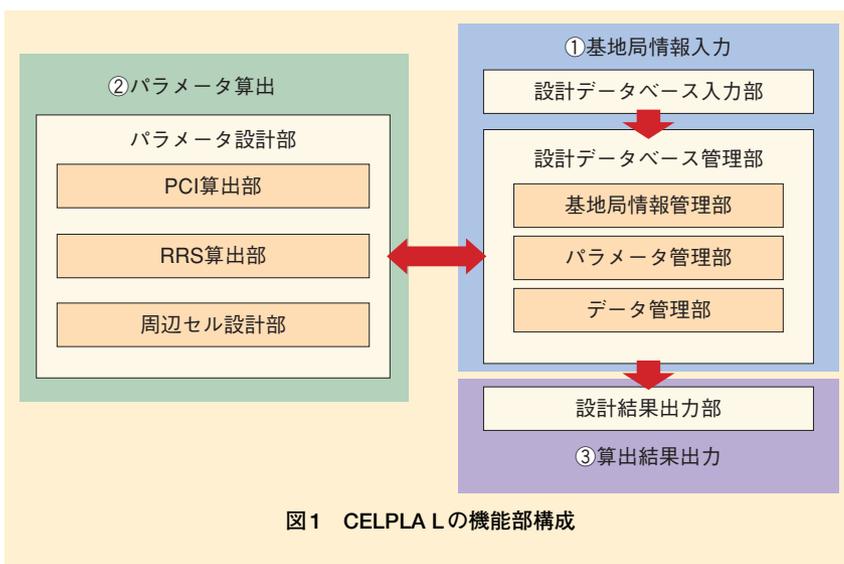


図1 CELPLA Lの機能部構成

PCI		0	1	2	3	4	5	..	27	28	29	..	480	481	482	..	501	502	503	
DL	セルグループID	0		1			..	9			..	160			..	167				
	ローカルID	0	1	2	0	1	2	..	0	1	2	..	0	1	2	..	0	1	2	
UL	ホッピングパターン	0										..	16							
	系列Shift	0	1	2	3	4	5	..	27	28	29	..	0	1	2	..	21	22	23	

図2 PCI関連パラメータ

*2 NRT：LTE基地局がハンドオーバ候補を把握するために使用するテーブル。
 *3 PCI：LTE方式におけるセル識別用ID。
 *4 ローカルID：下りのRS (Reference Signal) の送信タイミングを指定する。0~2の3つの値を繰返し使用する。RSとは

無線品質推定用の信号である。
 *5 セルグループID：ローカルIDを集約する。0~167の168個の値を繰返し使用する。
 *6 ホッピングパターン：上りのReference Signal の送信タイミングのグループを指

定する。0~16の17グループを繰返し使用する。
 *7 スループット：単位時間当りに、誤りなく伝送される実効的なデータ量。
 *8 管轄エリア：基地局が属するエリアを示し、エリア単位での設計に使用する。

繰返し使用の問題として、必要離隔の確保が必要であり、その離隔が不十分な場合には干渉の影響により通信品質の劣化を招く。この問題を効率良く回避するため、CELPLA LのPCI割当て手法においては、同一ホッピングパターン内に近接の最大30セクタ（図2のUL系列Shift）を集約することにより、基地局側で検出する移動端末からの上り干渉量の抑制を図っている。さらに、同一ホッピングパターン内において近接セクタのローカルIDが重複しないように割り当て、セルグループIDで集約することで、近接セクタからの下り干渉量の抑制も実現している。この手法に基づき、各IDのグループ化を繰り返すことにより、最適なPCIおよび各IDの割当てを可能としている。

3.2 PCI割当て機能構成

CELPLA LにおけるPCI割当て機能部の構成図を図3に示す。基地局情報管理部で保持した基地局情報に基づき、以降で述べるセクタ代表点、グループ代表点、区画代表点をそれぞれ当該機能部にて決定し、対応するグループID（ローカルID、セルグループID、ホッピングパターン）を割り当てる。ID割当て部は各代表点に対応するPCIを割り当てる。

3.3 PCI割当て手順

PCIの割当てでは、図3に示すとおり、大別して2つの手順に従う。1つは代表点の決定、もう1つはグル

ープIDおよびPCIの割当てである。

(1)代表点の決定

各代表点決定までの流れについて図4に示す。

①セクタ代表点の決定

基地局情報管理部に含まれる基地局の緯度経度、標高、アンテナ高、電波の到来方向等のデータに基づき、実エリアに即したエリアの重心点をセクタ代表点として決定する（図4（a））。

②グループ代表点の決定

パラメータ管理部から任意に設定した基点位置の緯度経度とグループ化設定数、データ管理部からセクタ代表点の位置等の必要な情報を読み出す。データを読み出した後は任意の基点^{*13}から近いセクタから順番にセクタ代表点を3つ以下でグループ化し、グルー

プ化されたセクタ代表点に基づいて、グループ代表点を決定する（図4（b））。



図3 PCI割当て機能部構成

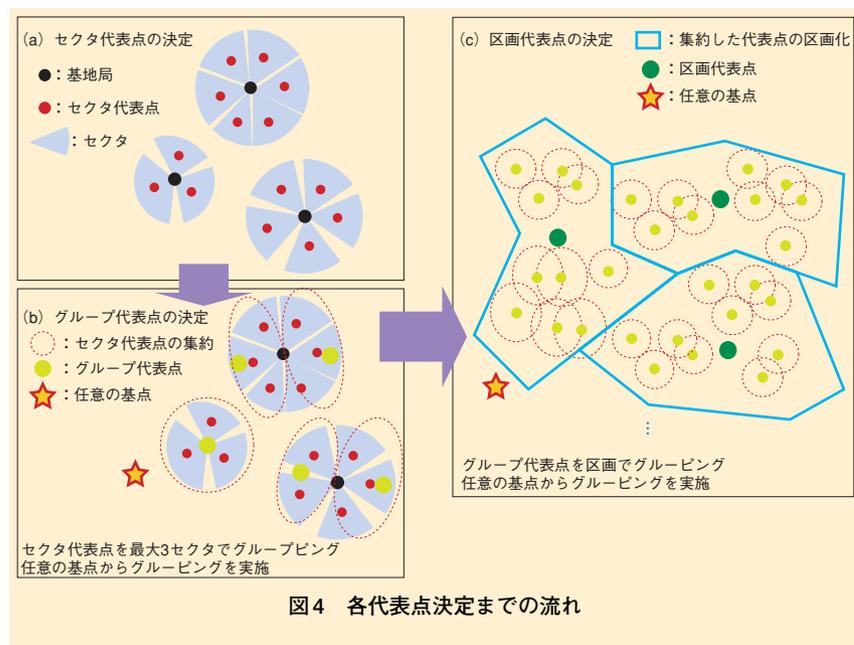


図4 各代表点決定までの流れ

*9 伝搬遅延補正值：基地局から送信された電波が移動端末に届くまでにかかる時間を補正する値。
 *10 高速動線フラグ：高速道線をエリア化している基地局セクタを識別するフラグ。
 *11 ハンドオーバー：移動端末が接続する基地

局を切り替えること。
 *12 セル設計：1つの基地局が担当するエリアをセルと呼び、複数のセルを用いて所望のサービスエリアをいかにしてカバーするかを設計すること。
 *13 基点：本稿では、複数の代表点を集約す

るために基準となる代表点が必要であり、その代表点の決定に使用する基準の位置、代表点の決定には基点から最も近い代表点を選択する。

③区画代表点の決定

区画代表点は基点から近いグループ代表点を合計30セクタ以下でグループ化し、グループ化された重心点を代表点として決定する。なお、グループ代表点のグループのことを区画と呼ぶ。決定した区画代表点の位置は設計データベース管理部で保持する。CELPLA Lでは区画を決定する際にポロノイ図^{*14}を用いている。ポロノイ図を使用することで複数のグループ代表点が領域で分割され、隣接セクタを容易に認識することが可能となる。これにより、基点とすべてのグループ代表点の距離を計算する必要がなく、効率良く区画代表点の決定が可能となる(図4(c))。

(2)グループIDおよびPCIの割当て

①ローカルIDの割当て

各代表点を決定後、順にグループIDを割り当てる。グループ代表点によって3つにグループ化されたセクタは基点に近いグループからローカルIDを割り当てる。グループ内でのローカルID割当てはセクタの指向方向が0度に近いセクタから時計回りに0~2を割り当てる。2つ以下でグループ化されたセクタは近接しているセクタのローカルIDを探索し、最も離隔の取れるローカルIDを割り当てる。

②ホッピングパターンの割当て

パラメータ管理部から区画代表点の決定でを使用した基点の緯度経度を取得する。基点から近い区画代表点から順にホッピングパターンを連番で割り当てる。

③セルグループIDの割当て

ホッピングパターンと同様に、設計データベース管理部からグループ代表点の決定でを使用した基点の緯度経度を取得する。次に、1つのホッピングパターン内で基点に近いセクタからローカルIDを集約しながらセルグループIDを連番で割り当てる。

①~③で決定した各グループIDの割当てイメージを図5に示す。

④PCIの割当て

ローカルID、ホッピングパターン、セルグループIDの割当てが完了した後は、それぞれのグループIDに対応したPCIをすべてのセクタに割り

てる。

以上、各グループIDおよびPCI割当て手法により、効率的、かつ適切に割り当てることが可能である。CELPLA LにおけるPCI割当て結果画面を図6に示す。

4. RACH設計

4.1 RACH概要

移動端末は通信開始時に、上り方向の信号としてRACH Preamble^{*15}を送信する。このRACH Preambleを生成するための信号系列がRRSであり、セクタごとに適切なRRSおよびRRS個数の割当てが必要となる。RRSの割当てにおいては、同一のRRSを割り当てる場合、所定の離隔を確保する必要がある。それは近接したセクタで同一のRRSを割り当てた場合、それぞれのセクタ配下に在圏する移動端末が同一のRRSに基づき同一のRACH Preambleを送信する可能性があり、基地局側では自セクタ配下および自セクタ配下以外の移動端末から同

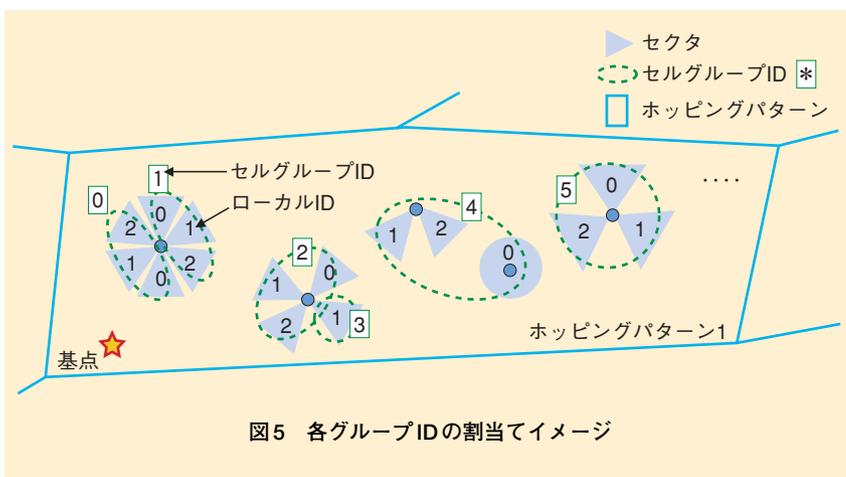


図5 各グループIDの割当てイメージ

*14 ポロノイ図：ある空間上の任意の位置に配置された複数の点に対して、その空間内の点を、どの点に最も近いかによって領域分けされた図。

*15 RACH Preamble：ランダムアクセスに用いられ、移動端末から基地局に接続する際に用いられる信号である。

一のRACH Preambleを受信することにより信号が衝突し、疎通が不可能となるおそれがあるためである。

RRS設計での重要な要素は、エリア半径に応じたRRS割当てと、高速動線局用のRRS割当て、および、同一RRSの離隔確保である。

RRS割当ては、3章で述べたPCIと同様、セル半径に応じて必要なRRSおよびRRS個数の割当てが必要であり、高速動線局向けに対しては、ドップラースhift^{*16}影響を軽減するために、通常局のRRS個数よりも数倍の個数が必要となる。例えば、エリア半径が10kmの場合、通常局でのRRSは6個、高速動線局では18個程度必要となる。

RRS個数についてもPCIと同様に838個の有限個数であるため、RRSは前述の通り所定の離隔を確保した上で繰り返し割り当てる必要がある。よってRRS個数の割当てにおいては、可能な限り長い離隔距離を確保するため、必要最小限の数を算出する必要がある。

4.2 RRS割当て

CELPLA LにおけるRRSの割当て機能部の構成を図7に示す。基地局

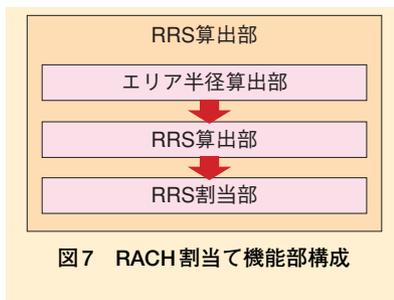


図7 RACH割当て機能部構成

情報管理部で保持した基地局情報に基づき、エリア半径を算出する。算出されたエリア半径に基づき 所要RRS個数を算出し、所要の離隔距離の確保が可能なRRSを割り当てる。

(1) エリア半径算出

RACH用エリア半径の算出方法は、PCIと同様のロジックにて電波の到達範囲を算出するが、図8に示すとおり、パラメータ管理部で保持するエリア要因（マルチパス遅延^{*17}など）を考慮して、RACH用エリア

半径の補正を行う。これはPCIとは異なり、RACH Preambleは上り方向の信号であるため、LTE基地局側で確実に補足可能なように、環境などによる遅延時間を見込んだ設計が必要となるためである。

実際のエリア環境に応じたエリア半径を算出することで、必要最小限のRRSを割当て可能となり、限られた割当て数の中で効率的な設計が可能となる。

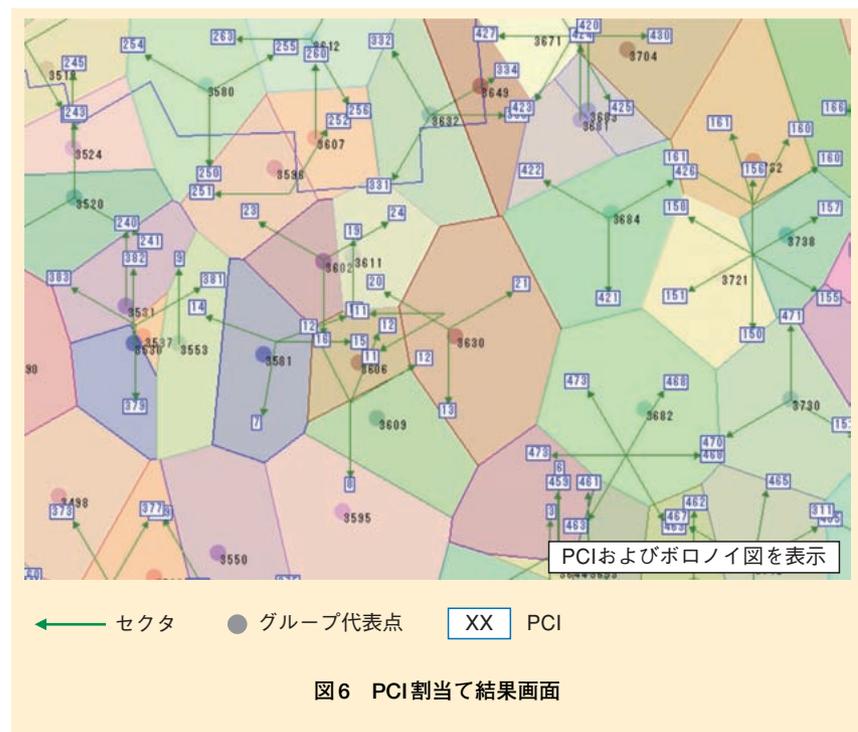


図6 PCI割当て結果画面

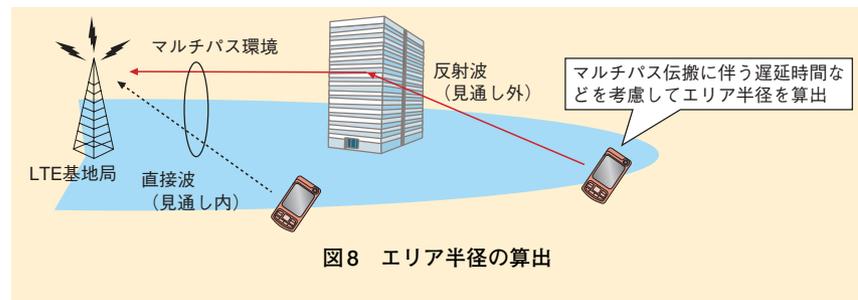


図8 エリア半径の算出

*16 ドップラースhift：ドップラー効果によって生じる搬送波周波数のずれ。

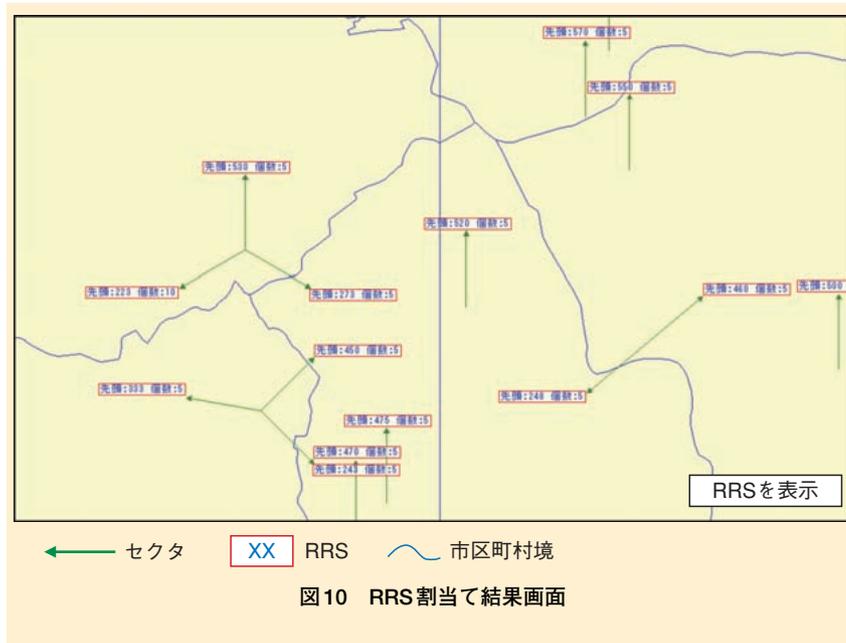
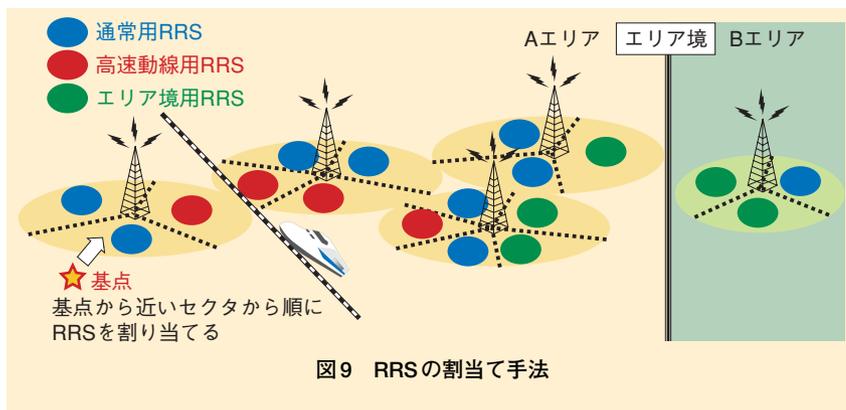
*17 マルチパス遅延：送信された電波が建物や地形などによって反射・回折し、複数の経路を経ることで複数の遅延波として受信すること。

(2)RRS算出・割当て

(1)で求めたRACH用エリア半径に基づき、所要RRS個数の算出、およびRRS割当てを実行する。RRSを割り当てる際、任意に設定した基点から距離の近いセクタより順にRRSを割り当てる。所定の離隔確保が不可能な場合、最も長い離隔距離に割り当てたRRSと同一のRRSを割り当てる。

また、高速動線局については、図9に示す通り、データ管理部で保持する高速動線フラグに基づき、高速動線用RRSを割り当てる。これらの方法により、周辺エリアで重複がないよう、あるいは同じRRSを割り当てたエリアと可能な限り離隔距離が取れるよう、繰り返しRRSを割り当てることで通信品質の確保が可能となる。

CELPLA LにおけるRRS割当て結果画面を図10に示す。



5. 設計手法のさらなる効率化

3章および4章にてCELPLA LによるPCIおよびRRSの割当て手法について述べたが、これらはエリア単位(例えば県単位)で独立に設計することが可能である。

通常、設計者が並行で複数のエリア設計を行う場合、PCIやRRSの割当てが重複してしまう可能性があるが、図10に示すとおり、設計対象となるセクタに対してエリア境用のPCIおよびRRSの割当てを行うことで回避可能である。CELPLA Lにおいては、エリア境用のPCIおよび

RRSとして隣接エリアでは重複しない組合せをデータ管理部で保持しておき、エリア境用においてはそれらのPCIおよびRRSを割り当てる。

これらの割当て方法により、各エリア並行して効率的な割当てが可能である。

また、ハンドオーバーに必要な周辺セル設計についても、CELPLA Lにて自動での設計が可能である。これら周辺セル設計は、LTEに関連した

NRTだけでなく、W-CDMA置局設計パラメータであるZT (Zone Table)^{*18}についても基地局情報(緯度、経度、アンテナ高、電波の放射方向等)に基づき設計可能としている。

局ごとの固有のパラメータについては、周辺環境等を確認しながらの設計は現実的に困難であったが、CELPLA Lを使用することで、数万セクタといった大規模な設計が数日

* 18 ZT：無線回線を追加するために必要な周辺セルの情報。

程度で設計可能になった。

6. あとがき

本稿では、LTE 置局設計支援ツール (CELPLA L) における機能概要およびLTE 置局設計パラメータの設計手法について解説した。CELPLA Lにより、技術スキルの高低に依存

なくLTE サービス品質の維持・安定化が図れるようになった。さらには、これまでは困難であったパラメータ設計の効率化に大きく貢献しており、LTE エリアのスムーズな展開を可能にした。今後はLTE サービスの高機能化によるパラメータ追加・変更についても柔軟な開発を行う予

定である。

文 献

- [1] 3GPP TS.36.211 V 8.9.0 : “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 8),” Feb. 2009.