

実伝搬データを用いたセル設計システム CELLDES-F (CELL D_Esign System for Field Data Processing)の開発

セルラ移動通信方式の無線回線設計は、移動通信特有の電波伝搬を指定して基地局配置を決定し、それに基づいてシステムを構築した後、実際に測定車で道路上の電界強度測定を行い、サービスエリア内の通信品質を評価・確認している。本稿では、実伝搬データを用いて、通信品質を効率良く評価できるCELLDES-F (CELL D_Esign System for Field Data Processing) をワークステーション上で開発したので、その概要を述べる。

あさくら ひろみつ さとう ひろのぶ ふじい てるや
朝倉 弘光・佐藤 浩信・藤井 輝也

まえがき

近年、携帯電話・自動車電話などのセルラ移動通信システムに対する需要は急激に増大しており、有限な周波数資源でこの需要に対処するため、無線ゾーン(セル)の極小化が積極的に進められている。そのため、基地局数は増大し、サービスエリア全体で所要の通信品質を確保するように設計を行う無線回線設計(セル設計)は非常に複雑化している。

実際のセル設計では、まず電波伝搬を推定し、机上検討で基地局配置を決定し、それに基づいてシステムを構築する。その後、自動車などを用いて道路上の電界強度測定を行い、設計どおりのサービスエリア内の通信品質が確保されているか否かを評価・確認する^{1)~5)}。

従来、この評価処理はパソコンを用いたシステム(PC版システム)で行っていた⁴⁾。具体的には、X-Yプロットで電界強度を地図上に出し、それに基づいて熟練作業者が通信品質を評価していた。しかしながら、基地局数の増加に伴い、処理するデータ量が膨大となり、評価を短時間に効率良く行うには、PC版システムを用いても多くの作業を要し、省力化が強く望まれていた。

本稿では、実伝搬データを収集し、そ

れらのデータをワークステーション(EWS)を用いて、効率良く評価ができるCELLDES-F(CELL D_Esign System for Field Data Processing)を開発したので、その概要を述べる。

開発の背景と目的

セル設計の目的は、提供する通信品質の程度と収容するユーザ数が与えられた場合に、これらを満足するように基地局の配置を決定し、基地局ごとの送信電力などのパラメータを最適化することにある。CELLDES(CELL D_Esign System)はこれをシステム化したものである^{1)~5)}。

CELLDESは、図1に示すように、あらかじめ選定された基地局に対して電波伝搬を推定し、エリア設計を行うCELLDES-B(Basic Design)と、実際に基地局設置した後にエリア内の通信品質評価を行うCELLDES-F(Field Data Processing)で構成される。また、サービス開始後の通信品質を維持・管理するためのシステムとして、セル特性評価システムCELLPASが開発されている^{6)~8)}。

CELLDES-Fは、サービスエリア内で所要の通信品質が満足されているか否かを実伝搬データにより評価し、所要値を満たさない場合は、実伝搬データを用い

てエリア変更のシミュレーション(エリア成形)を行うことにより、基地局パラメータの最適化が図れる。

従来、このような実伝搬データの処理、評価などはPC版システムで行っていた。しかしながら、PC版システムでは、(i)DOS(Disk Operating System)上で開発されており、また開発されてからすでに数年が経ち、GUI(Graphical User Interface)が十分でないこと、および(ii)簡単な改造では次に示す機能に対応できない点が課題に挙げられていた。

- ① 電子地図に対応していないことから、実伝搬データの位置校正(マップマッチング)が画面上だけでは行えない。
- ② 複数基地局の実伝搬データを統合して、サービスエリア図を自動的に作成する機能がない。
- ③ 通信品質を評価する場合の統計的評価機能が十分でない。
- ④ 処理時間がかかる。
- ⑤ 測定された実伝搬データの維持、管理機能が十分でない。

そこで、上記の課題を克服するため、GUI機能に優れたEWSを用いたCELLDES-Fを開発した。

なお、CELLDES-Fは、従来のPC版システムとデータの互換性を保つことを条件としており、これまでに蓄積された

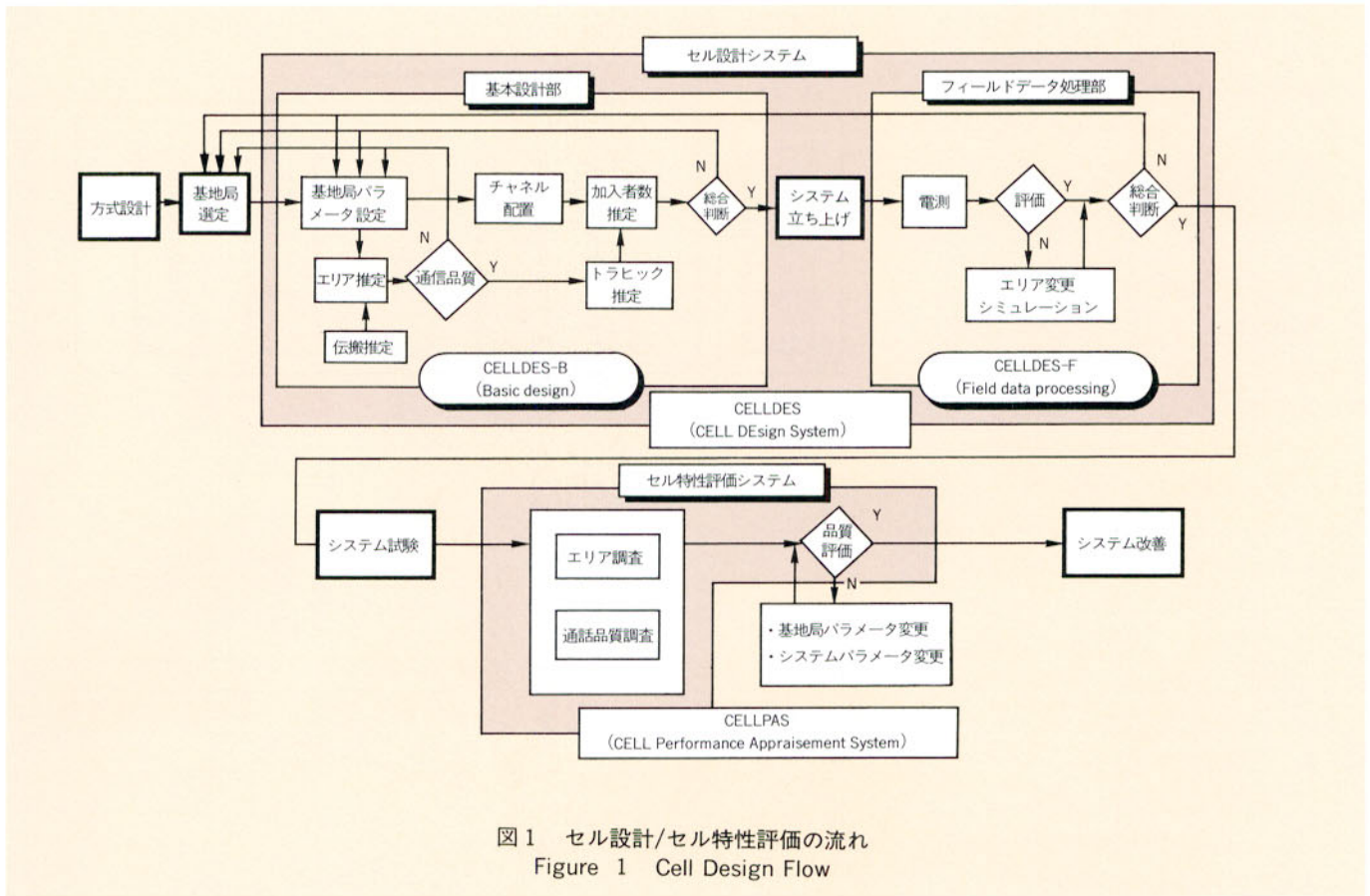


図1 セル設計/セル特性評価の流れ
Figure 1 Cell Design Flow

膨大な実伝搬データは再利用可能である。

システム構成

EWS版CELLDES-Fは、図2に示すように移動側とセンタ側で構成されている。以下、それらについて説明する。

■移動側

移動側は、図2に示すように位置測定器、各基地局ごとの受信レベルを測定するための電界強度測定器および制御装置で構成され、移動測定車内に搭載される。位置測定器として、(i)地磁気センサと車速センサを用いた位置測定システムと、(ii)GPS受信機や光ファイバジャイロなどを用いたナビゲーションシステムの両システムをサポートしている。ナビゲーションシステムを用いれば、高精度な位置情報が得られ、かつ情報は緯度、経度(絶対座標)で得られるため、電子地図上への変換が容易である⁹⁾。

電界強度測定器としては、複数の基地局の電界強度を時分割的に測定し、指定された区間長で平均化した結果をリアル

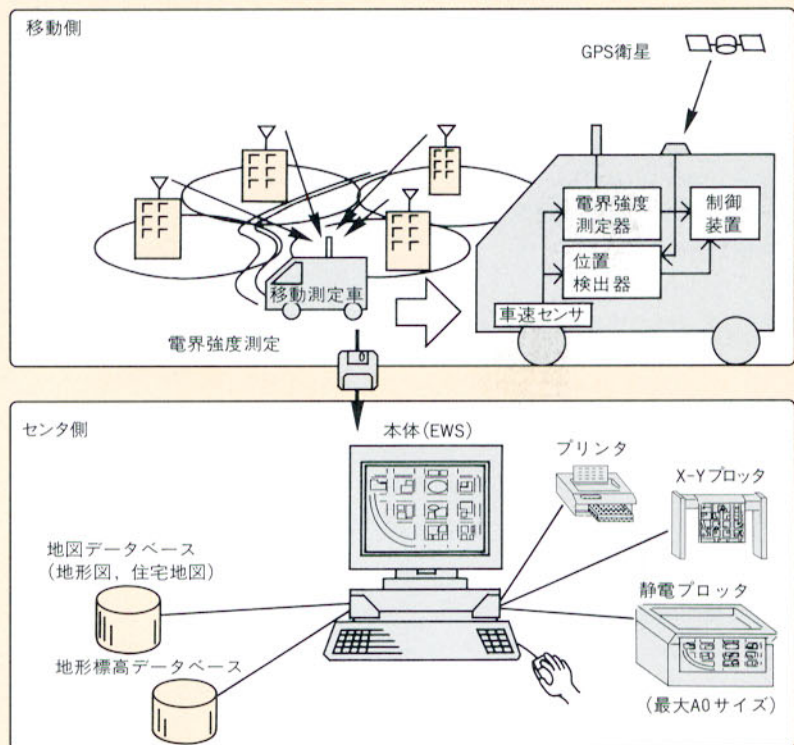


図2 システム構成
Figure 2 System Configuration of CELLDES-F

タイムに出力できる多チャンネル電界強度測定器を開発し、サポートしている。この多チャンネル電界強度測定器は、1台で最大80チャンネルの測定を可能としており、800MHz/1.5GHzの両バンドで使用可能であり、レベル校正などの無調整化が図られている。

制御装置はPCを使用しており、多チャンネル電界強度測定器の出力と位置測定器の出力を同時に記録する。

■センタ側

センタ側では、データ処理の高速化を図るため、主装置にワークステーション(EWS)を、OSにはUNIXを、GUIにOpen Windowを使用している。背景地図に用いるデータには、1/2,500の電子地図(住宅地図相当)と1/25,000の電子地図(地形図相当)から必要なデータを取り出して、レイヤごと(各64レイヤ)にデータベース化している。

エリア成形時および3次元表示に用いる地形データには、国土地理院発行の国土数値情報から、地形標高を取り出してデータベース化している¹⁰⁾。

周辺装置は、プリンタ、カラーハードコピー、X-Yプロッタのほか、最大A0サイズの出力図の打出しを可能とする静電プロッタをサポートしている。なお、本システムはCELLDES-B、CELLPASの構成と完全に互換性を保っているため、同一の環境で動作する。

機能構成

CELLDES-Fの機能構成を図3に示す。同図に示すように、移動側の機能である電界強度測定機能、センタ側の機能である受信レベル表示機能、通信品質評価機能、エリア成形機能、システム設計機能などが主要な機能である。以下、各機能について詳しく述べる。

■移動側機能

電界強度測定機能は、自動車などを用いて、道路上の各基地局の受信レベルを取得する機能である。測定では、全基地局を同時に測定することを基本としているが、最大測定チャンネル数の制限がある

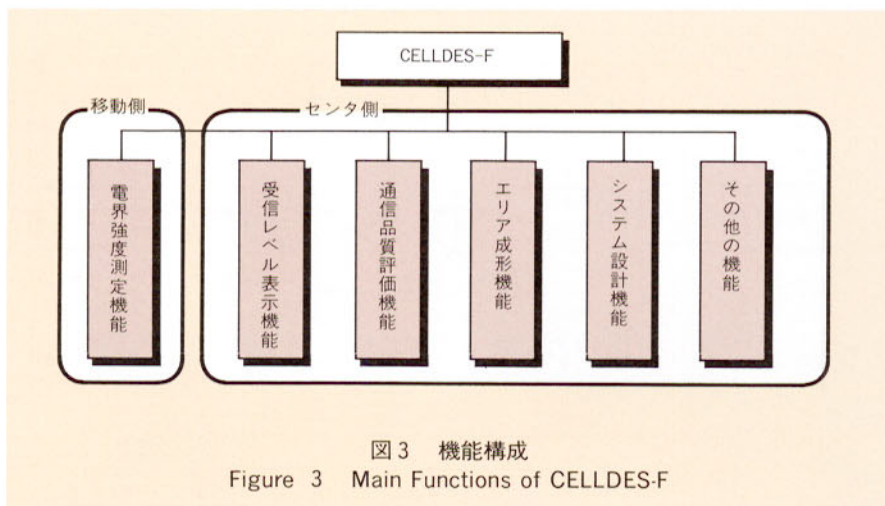


図3 機能構成
Figure 3 Main Functions of CELLDES-F

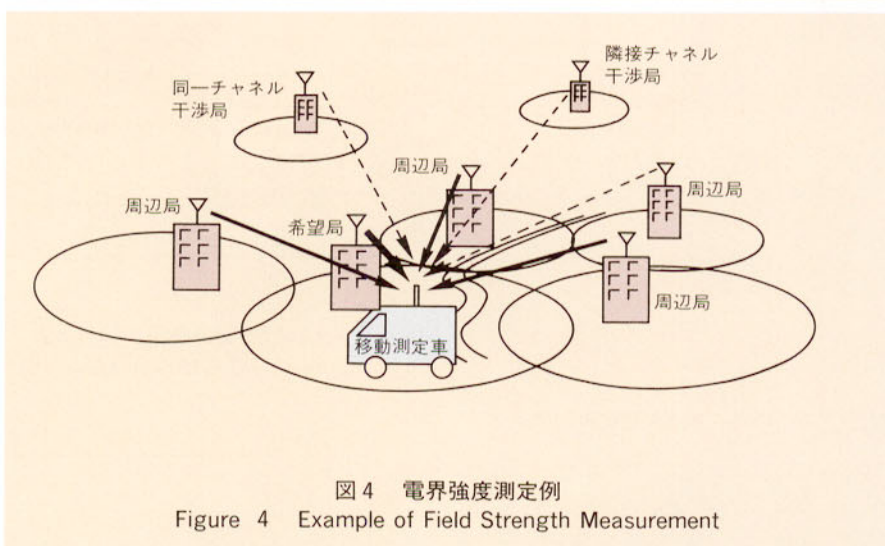


図4 電界強度測定例
Figure 4 Example of Field Strength Measurement

場合、効率良く通信品質の評価を行うためには、図4に示すように希望局とその周辺局、そして、同一および隣接チャンネルを使用する干渉局を優先して測定する必要がある。

■センタ側機能

(1) 受信レベル表示機能

受信レベル表示機能は、測定位置と取得された実伝搬データである各基地局ごとの受信レベルをEWSに取り込み、画面上の電子地図に表示する機能である。

取得したデータの位置を地図上に合わせるためには、マップマッチングが必要となる。CELLDES-Fでは、電子地図を用いて画面上でマップマッチングを行うことを可能とし、操作性の向上を図っている。

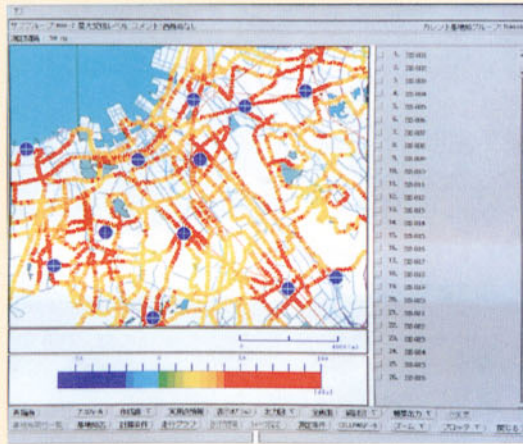
路上を走行して得られた受信レベルの表示例を図5に示す。背景地図としては、同図に示すように64レイヤの内から必要

に応じたレイヤ(ここでは海岸線、道路等)を選択して表示している。同図に示すように、路上に完全にマッピングできていることがわかる。また、地形が受信レベルに与える影響を視覚的に容易とするために、図6に示すように地形標高データを用いた3次元表示も可能である。

(2) 通信品質評価機能

CELLDES-Fにおいて、通信品質の評価項目は、(i)受信レベルの低下に伴う熱雑音、(ii)空間的に同一および隣接チャンネルを再使用するために生じる同一および隣接チャンネル干渉雑音である。熱雑音の程度は希望局の受信レベルで表され、同一および隣接チャンネル干渉雑音は、希望局の受信レベル(希望波レベル)と干渉局の受信レベル(干渉波レベル)の比で表される¹¹⁾。

セルラ移動通信では、受信レベルに応じて移動局が待ち受け、または通信して



注意：この例は、建物の屋上にアンテナを仮設置して受信レベルを測定したものである。

図5 受信レベル表示例

Figure 5 Display Example of Measured Level on the Road (2D View)

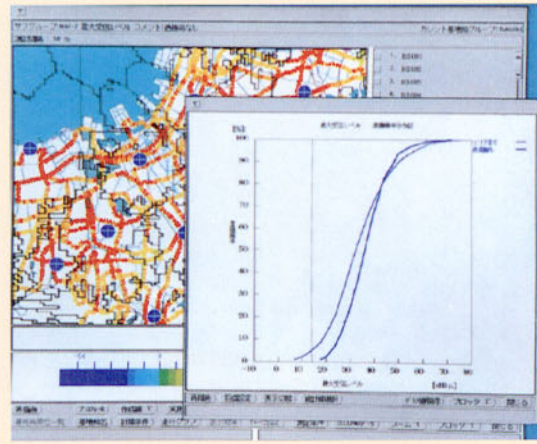


図7 通信品質の評価

Figure 7 Evaluation of Speech Quality Using Measured Level

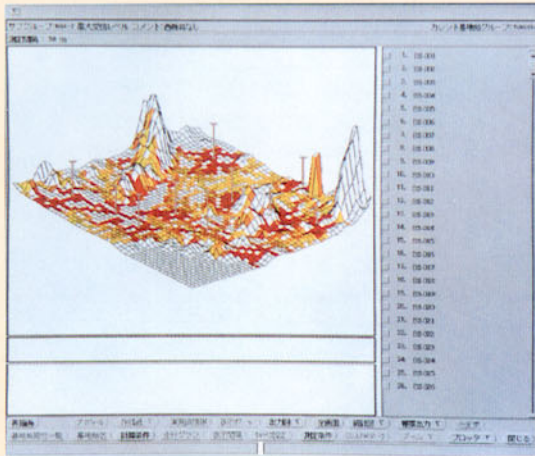


図6 3次元表示例

Figure 6 Display Example of Measured Level on the Geographical Map (3D View)

表1 基地局パラメータ

Table 1 Major Parameters of Base Station

基地局パラメータ	変更の可否	備考
基地局位置 (緯度、経度)	—	変更不可 (推定不能)
基地局アンテナ高	—	
送信電力	○	
基地局内損失	○	
基地局アンテナ種類	○	
基地局アンテナ指向性 (水平面内)	△	広ビームアンテナから狭ビームアンテナへの変更のみ可
基地局アンテナチルト角 (垂直面内)	○	

いる基地局を変更するため、各基地局が守備範囲とするエリア (以下、勢力エリアと呼ぶ) を明確にして、通信品質の評価を行う必要がある。その勢力エリアは、移動通信方式に応じて異なるため、注意を要する。すなわち、受信レベルを常時監視しておいて最も受信レベルが高い基地局を選択する方式 (例えば、大容量移動通信方式、PDC方式) と、受信レベルが低下した場合に初めて受信レベルが最も高い基地局を選択する方式 (例えば、大都市、中小都市自動車電話方式) とでは、その勢力エリアは異なってくる。CELLDES-Fでは、この両方式をサポートしている。

ここでは、最も受信レベルが高い基地

局を選択する方式での評価方法について説明する。CELLDES-Fでは、エリア内の各位置で各基地局からの電波の受信レベルを比較し、最も受信電界レベルが高い基地局をその位置における勢力基地局として、勢力エリアを判定する。そして、その勢力エリア内での通信品質を評価する。

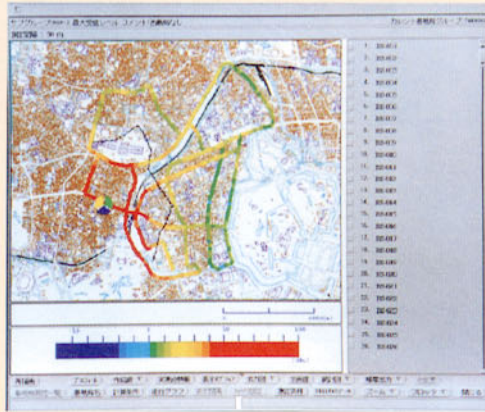
図7は、勢力エリア内での通信品質評価例 (ここでは受信レベル) を示している勢力エリア内での通信品質の程度を色で視覚的に表示することを基本としているが、統計評価 (通信品質の累積分布表示) も同時に行えるため、定量的な評価が可能である。

なお、評価する範囲をマニュアルで入

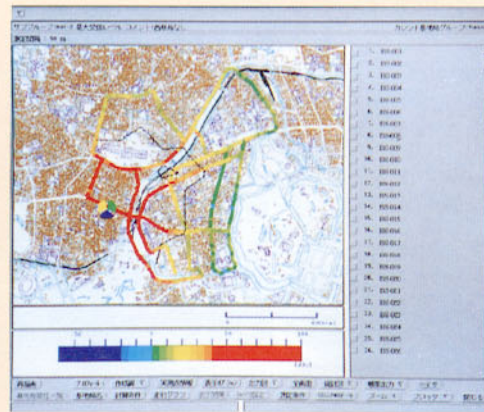
力 (マウス入力) することもでき、任意の範囲内での通信品質の統計評価が行える。

(3) エリア成形機能

本機能は、すでに測定した受信レベルを基に、表1で示す基地局パラメータを変更した場合の通信品質を計算機上でシミュレーションして、その最適化を行う機能である。すなわち、エリア成形機能により再度走行することなく、通信品質を一層向上できるように、基地局パラメータの最適化が図れる。ただし、基地局パラメータの全項目に対して変更した場合のシミュレーションが行えるものではなく、表1に示す項目の中で送信電力および基地局アンテナのビームチルト角な



(a) エリア成形前(チルト角7°)



(b) エリア成形後(チルト角5°)

図8 エリア成形の表示例

Figure 8 Display Example of Cell Reform

どのみが変更可能である。

エリア成形を行うためには、基地局のパラメータ変更後の受信レベルを推定する必要がある。一般にパラメータ変更後の受信レベルは、すでに測定した受信レベルから伝搬損失量を求め、それに変更するアンテナの指向性および送信電力を重ねて近似できる⁴⁾¹²⁾。ここで、パラメータ変更後の受信レベルを E_a 、更新前の実測された受信レベルを E_b とすれば、 E_a は次式で表される。

$$E_a = E_b + \Delta P + \Delta G$$

ただし、

$$\Delta P = P_a - P_b$$

$$\Delta G = G(\theta - \theta_a) - G(\theta - \theta_b)$$

P_a : 更新後の送信電力 [dBm]

P_b : 更新前の送信電力 [dBm]

$G(\theta)$: アンテナの指向性利得 [dBi]

θ : 基地局からみた測定点の見込み角 [deg]

θ_a : 更新後の基地局アンテナのチルト角 [deg]

θ_b : 更新前の基地局アンテナのチルト角 [deg]

CELLDES-Fでは、地形標高データベースを備えているため、基地局からみた測定点の見込み角 θ を算出する際に、基地局の標高値と測定点の標高値を考慮することができ、精度の高いエリア成形が可能である。

表2 エリア成形例

Table 2 Example of Cell Reform for Improving the Quality

エリア成形例 劣化要因	基地局パラメータ変更例	
受信レベル劣化	<ul style="list-style-type: none"> 劣化している基地局の送信電力を上げる。 劣化している基地局のチルト角を調整する。 周辺局の送信電力を上げて、劣化領域をその周辺局のエリアに組み込む。 	
同一および隣接チャンネル干渉雑音	干渉耐力の増大	<ul style="list-style-type: none"> 希望局の送信電力増大 干渉局の送信電力低減 干渉局のチルト角増大 などにより干渉耐力を増大する。
	エリアの変更	<ul style="list-style-type: none"> 希望局の送信電力低減 周辺局の送信電力増大 などにより干渉劣化場所を周辺局のエリアに取り込むことで干渉劣化を救済する(サイトダイバシティ効果)。

一例を図8に示す。この例では、基地局アンテナのチルト角を7度から5度に変更したものである。このように、エリア成形機能を用いることにより、通信品質の改善が容易に図れる。

表2はエリア成形で、通信品質を改善するための基地局パラメータの変更例である⁴⁾。例えば、図9に示すように、通信品質が劣化している基地局に対して、送信電力を上げる方法、チルト角の調整を行う方法、周辺局の送信電力を上げて劣化した領域をその周辺局のエリアに組み込む方法などが考えられる。

(4) システム設計機能

セルラ移動通信システムは、複数の基地局でサービスエリアが構成されている。

この場合、サービスエリア図は、所要の通信品質が得られるエリアを熟練者が測定した走行コース上の受信レベル図を面的に補間して作成している。CELLDES-Fでは、所要の通信品質を入力すれば、自動的に補間してサービスエリア図を作成する。

一例として、図5に示す走行コース上の受信レベル図からサービスエリア図を作成したものを図10に示す。また同図に示すように、勢力エリアの境界線を合わせて表示すれば、ハンドオーバー先の基地局の特定を行うことも可能である。

(5) その他の機能

・アンテナパターン作成機能: CAD (Computer Aided Design) を用い

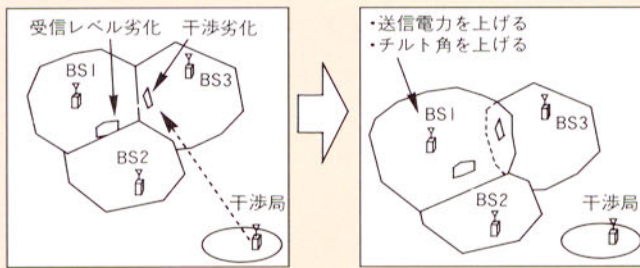


図9 エリア成形例
Figure 9 Example of Cell Reform

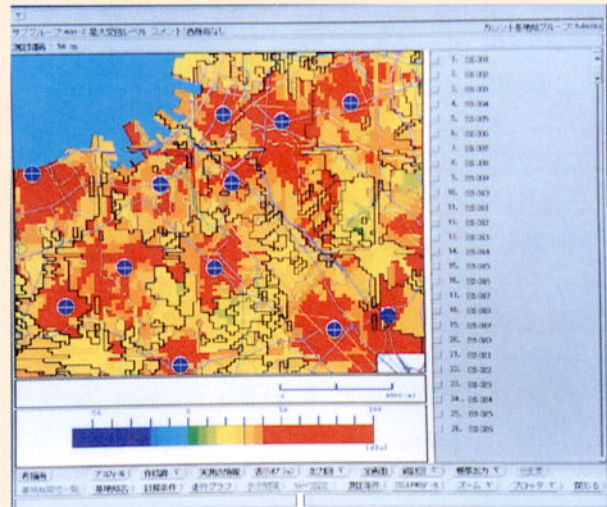


図10 サービスエリア図の自動作成
Figure 10 Coverage Area Generated by Measured Level on the Road

て、画面上で基地局アンテナの水平および垂直アンテナパターンが簡易に作成でき、登録できる。

- ・他システムへのデータ転送機能：測定された受信レベルをCELLDES-B、CELLPASのフォーマットに変換して転送する。これにより、CELLDES-B上で、受信レベルの推定値の評価ができ、またCELLPAS上では背景にサービスエリア図を表示できる。

あ と が き

本稿では、セル設計のエリア評価を大幅に省力化した実伝搬データを用いたセル設計システムCELLDES-Fについて概説した。

CELLDES-Fを開発した背景には、CELLDES-Bがすでに開発され、CELLDES-Fにおいても、それと同等のGUI機能が求められたこと、また多くの熟練者を要していた通信品質評価の大幅な省力化が求められたことが挙げられる。

今回開発したCELLDES-Fは、屋外での実伝搬データを基にして、迅速に通信品質の評価およびエリア成形を行うものであるが、例えば屋内での実伝搬データ

を処理対象とすれば、事業所コードレス電話などの通信品質評価も同様に処理できる可能性があり、今後の大きな課題と考えられる。

文 献

- 1) 藤井, 朝倉：“移動通信における無線回線設計支援システム”, 信学'91秋大, B-226
- 2) 朝倉, 山崎, 藤井：“移動通信におけるセル設計システム”, 信学'94秋大, B-338
- 3) 藤井, 朝倉, 山崎：“移動通信におけるセル設計システム”, 本誌, Vol. 2, No. 4, Jan. 1995
- 4) 朝倉, 大橋, 藤井：“実測伝搬データを用いた移動通信無線回線設計支援システム”, 信学'92春大, B-408
- 5) 朝倉, 佐藤, 藤井：“移動通信におけるセル設計システム—実測伝搬データ処理—”, 信学'95ソサイエティ大会, B-374
- 6) 安澤, 宮島, 藤井：“移動通信におけるセル特性評価システム”, 信学'94秋大, B-339
- 7) 宮島, 安澤, 藤井：“移動通信におけるセル特性評価システム—屋内エリア対応—”, 信学'95春大, B-366
- 8) 藤井, 安澤, 宮島：“移動通信におけるセル特性評価システム”, 本誌, Vol. 3, No. 1, Jan. 1995
- 9) 例えば, 石川, 須賀, 梅村, 鈴木“カーナビゲーションシステム”, National

Technical Report, Vol. 40, No. 6, Dec. 1994

- 10) 例えば, 建設省国土地理院：“数値地図ユーザーズガイド”, (財)日本地図センター(1992)
- 11) 例えば, 奥村, 進士：“移動通信の基礎”, 9章, (社)電子情報通信学会(1988)
- 12) 朝倉, 佐藤, 藤井：“基地局アンテナに垂直面内指向性アンテナを使用した場合の受信レベル推定に関する一検討”, 信学'95ソサイエティ大会, B-3.