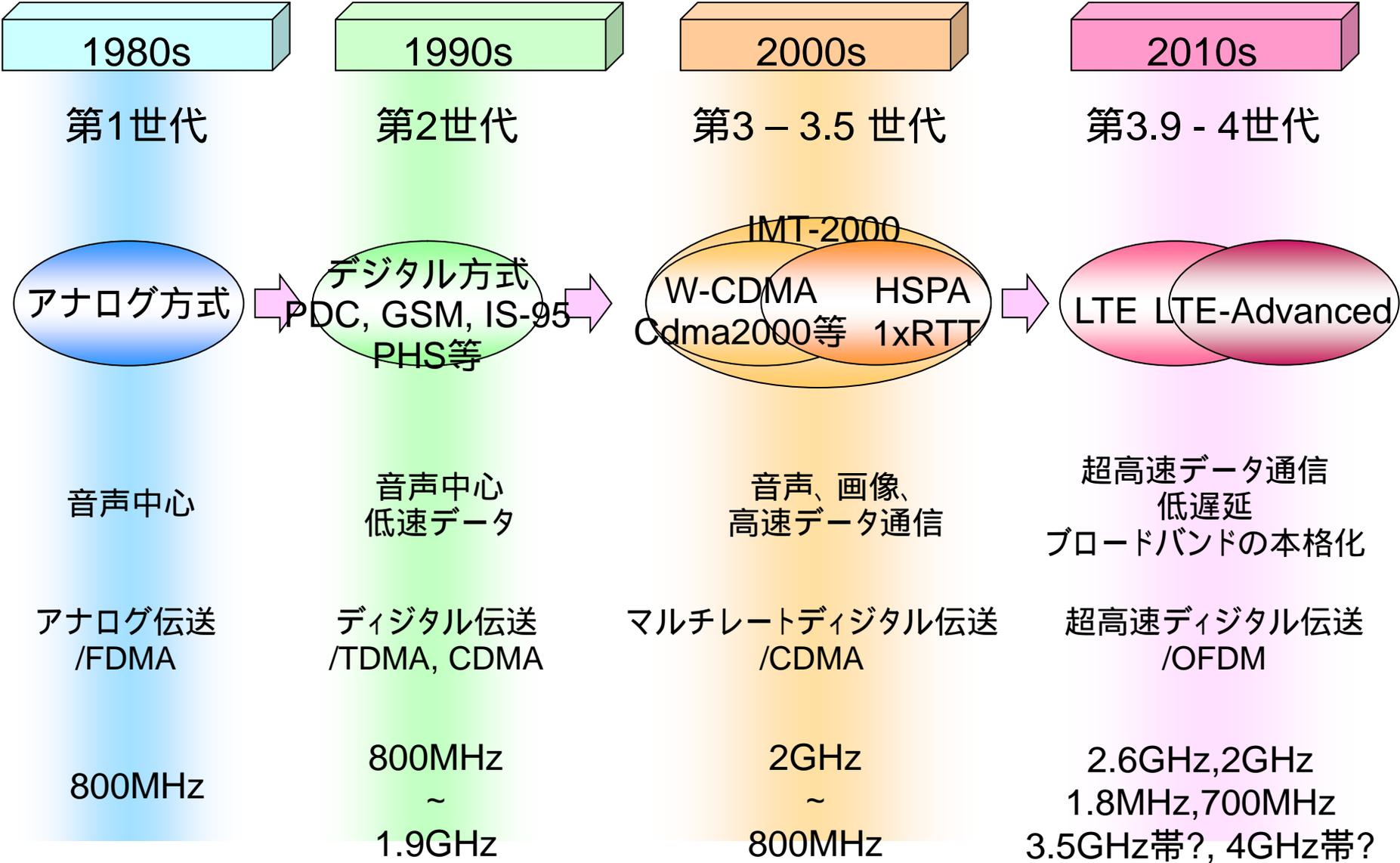


次世代モバイル通信の動向

NTTドコモ
無線アクセス開発部
安部田貞行

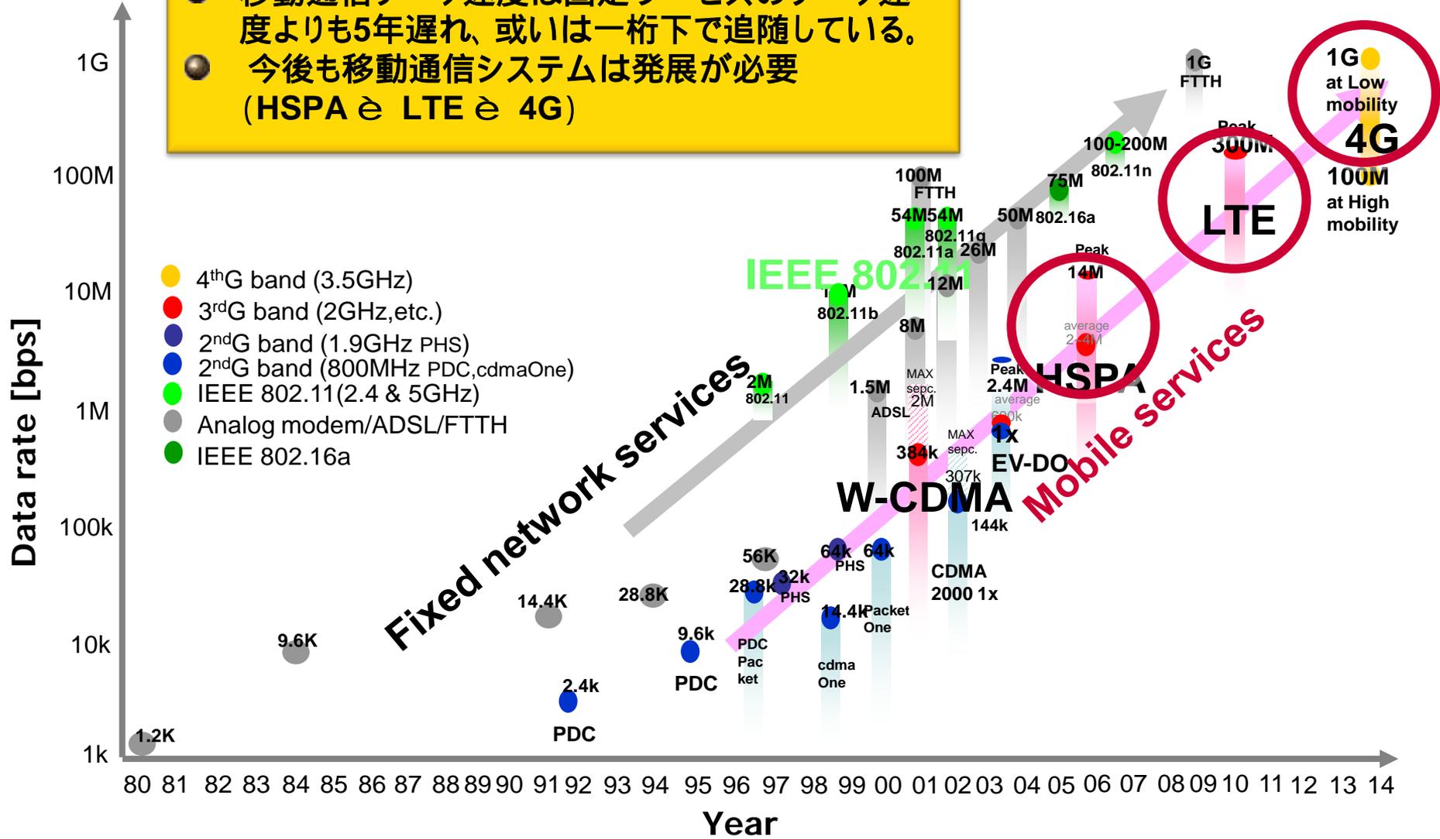
- **移動通信の歴史**
- LTE標準化の経緯
- LTEの特徴
- 世界動向
- LTE商用サービスの展望

移動通信の歴史と周波数



移動通信技術と伝送レート

● 移動通信データ速度は固定サービスのデータ速度よりも5年遅れ、或いは一桁下で追随している。
 ● 今後も移動通信システムは発展が必要 (HSPA → LTE → 4G)



コンテンツ

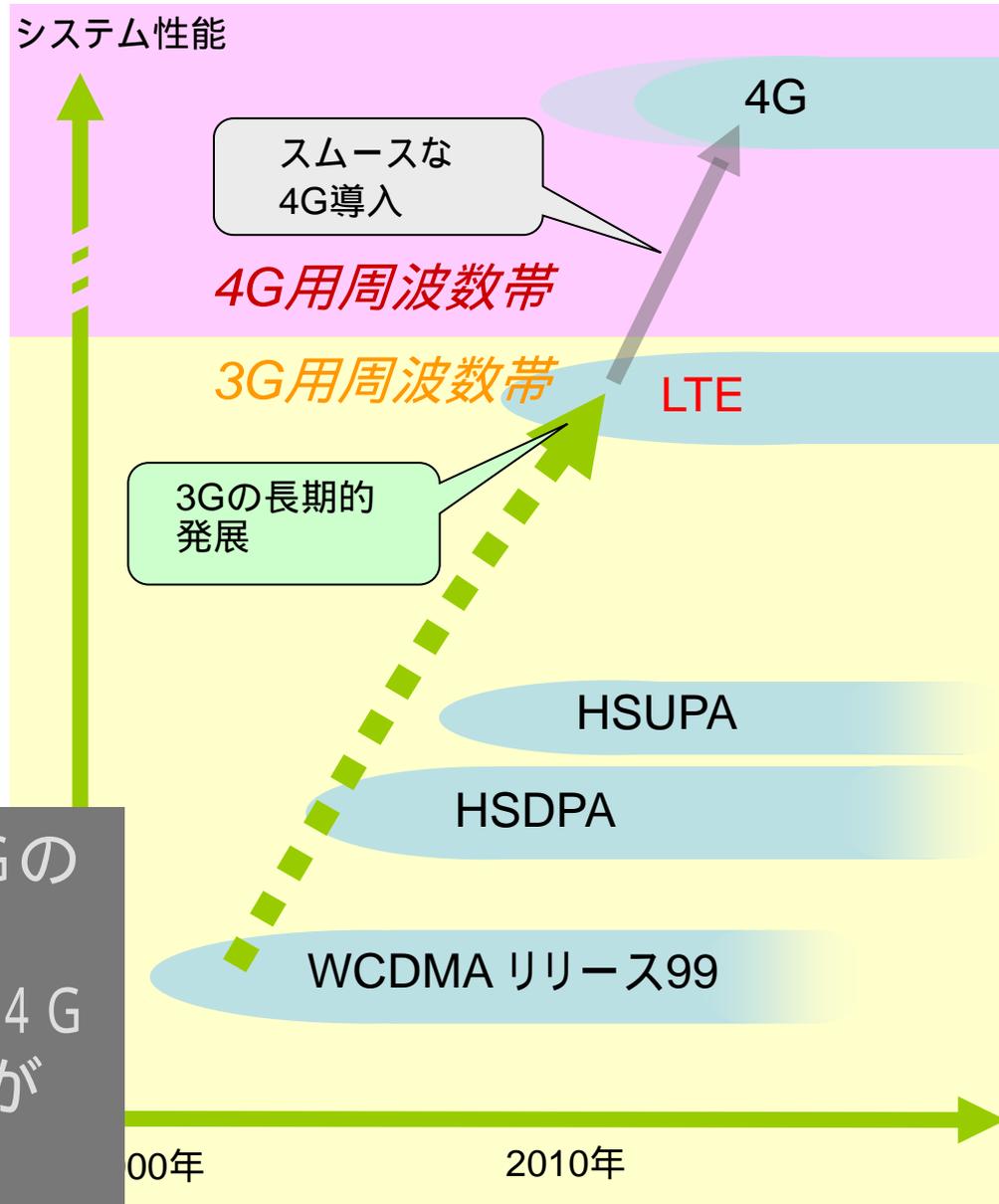
- 移動通信の歴史
- **LTE標準化の経緯**
- LTEの特徴
- 世界動向
- LTE商用サービスの展望

LTEとは？

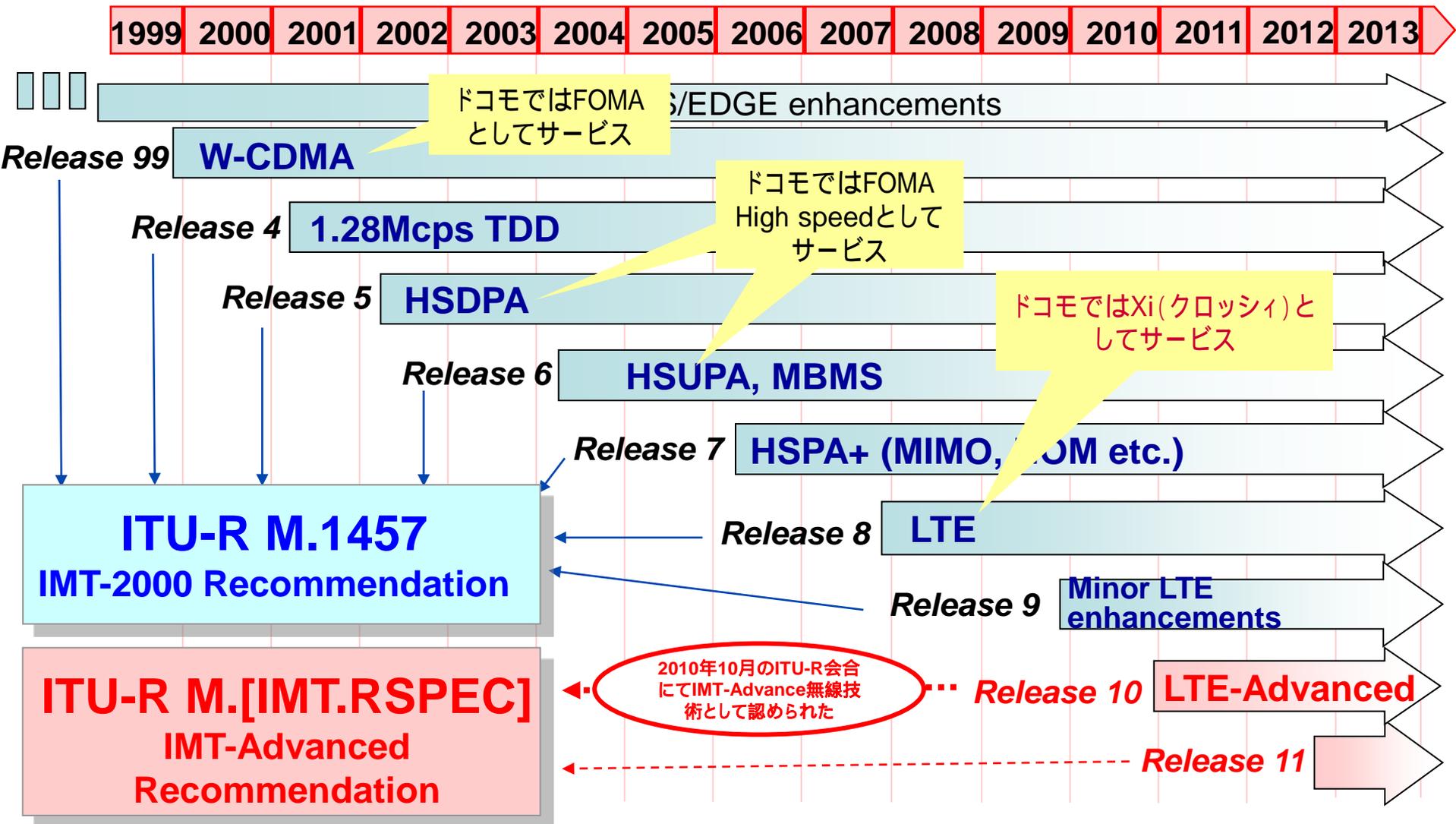
●基本コンセプト

- ◆3Gスペクトラムを使用する3Gの長期的エボリューション(LTE: Long Term Evolution)
 - ◆3Gオペレータにとっては、4Gの時代でも他の技術に対して、3Gの発展技術が競争力を維持しつづけるということが大きなねらいとなる。
 - ◆4Gのスムーズな導入パスを提供する。

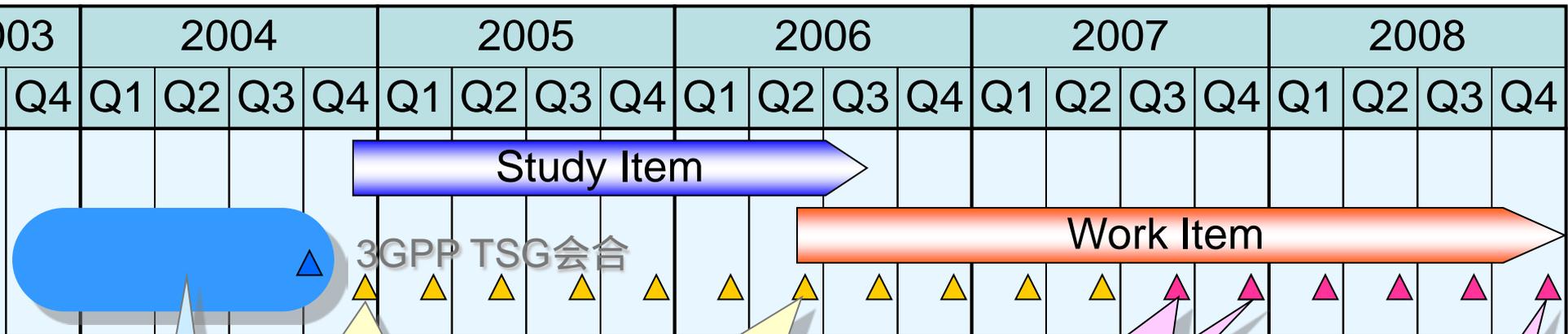
元々のドコモの動機付けは、4Gのスムーズな導入パスの提供
4G標準化活発化により、3Gが4Gへのパスを持つことの重要性が再認識されつつある。



3GPP仕様のリリース



LTE標準化経緯



2004年12月
検討開始を承認

2006年6月
詳細仕様作業開始

2007年9月- 12月
主要仕様承認

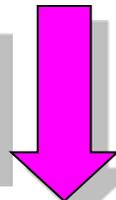
2008年12月
テスト仕様承認

2005年6月
要求条件の合意

Super3Gコンセプト提唱
3GPPではLTEとして検討を開始

ドコモは開発着手

主要仕様は完成
主要メーカーは積極的に開発を進めている。
テスト仕様は承認済み



コンテンツ

- 移動通信の歴史
- LTE標準化の経緯
- **LTEの特徴**
- 世界動向
- LTE商用サービスの展望

3GPPで合意された主な要求条件

- 送信信号帯域
 - ▶ 1.4, 3, 5, 10, 15, および20 MHzの複数のシステム帯域幅をサポート
 - ▶ FDDとTDDを高い共通性(コモナリティ)でサポート
- パケット交換(PS: Packet Switching)モードに特化
 - ▶ 音声は, VoIPでサポート
- 伝送遅延
 - ▶ 制御プレーンの状態遷移遅延 (Control-plane latency)
 - ▶ 待ち受けから通信状態: 100 ms以下
 - ▶ 間欠受信から通信状態: 50 ms以下
 - ▶ ユーザデータプレーンの遅延(User-plane latency)
 - ▶ RAN内の片道遅延は5 ms以内
- 最大データレート
 - ▶ 下りリンク(DL): 100 Mbps, 上りリンク(UL): 50 Mbps
- ユーザスループット (Rel. 6 HSDPA, HSUPAに比較した相対値)
 - ▶ セル端のユーザスループット: 2 - 3倍(下り), 2 - 3倍(上り)
 - ▶ セル内ユーザの平均ユーザスループット: 3 - 4倍(下り), 2 - 3倍(上り)
- 周波数利用効率 (Rel. 6 HSDPA, HSUPAに比較した相対値)
 - ▶ 3 - 4倍(下り), 2 - 3倍(下り)

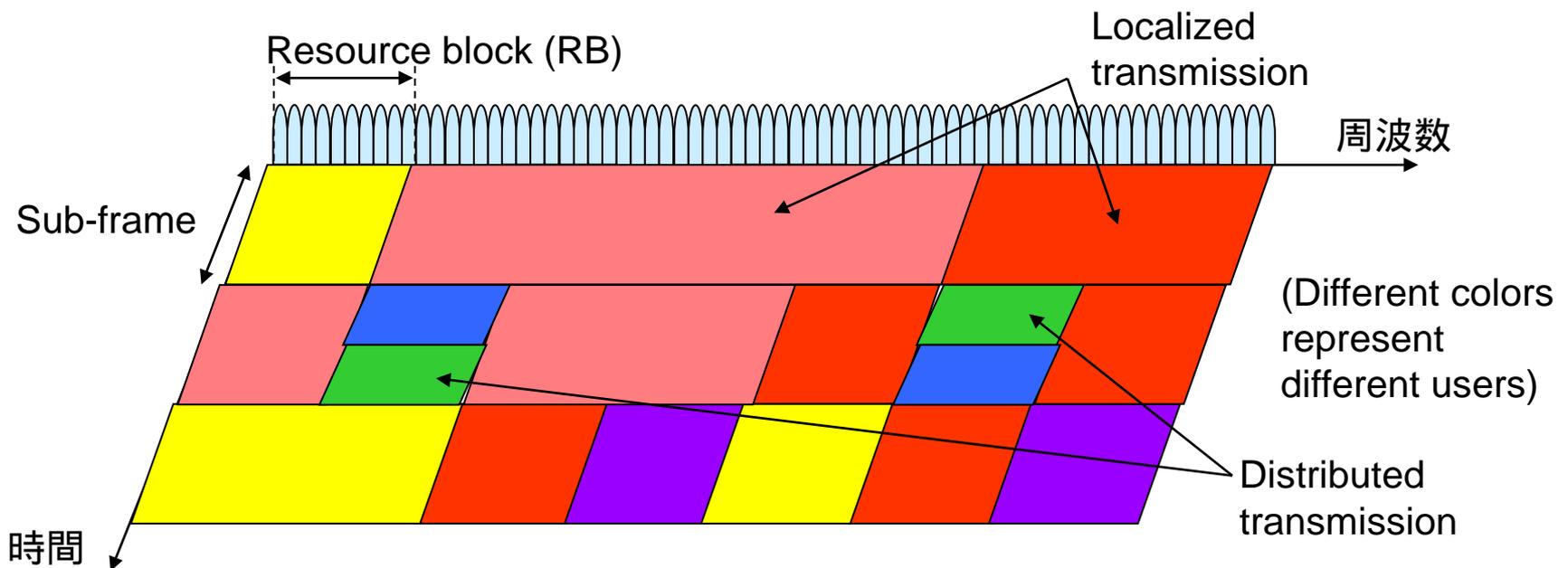
LTEの主な特徴: Physical Layer

- マルチアクセス
 - ▶ 下りリンクOFDM
 - ▶ マルチパス干渉への耐性が高い
 - ▶ 他の周波数利用効率改善技術(周波数領域のスケジューリング, マルチアンテナ技術)との高い整合性
 - ▶ 上りリンクSingle-Carrier FDMA
 - ▶ Low PAPR (Peak-to-average power ratio)
 - ▶ 周波数領域におけるユーザ間の直交化
- 既存技術の拡張(適応変復調・チャネル符号化, ハイブリッドARQ)
- マルチアンテナの適用
- スケーラブル帯域幅のサポート
 - ▶ 1.4, 3, 5, 10, 15, および20MHz
- 下りリンクBroadcast/Multicast (Rel.9)

OFDMベースの下りリンク無線アクセス

● OFDMベースの無線アクセスの特徴

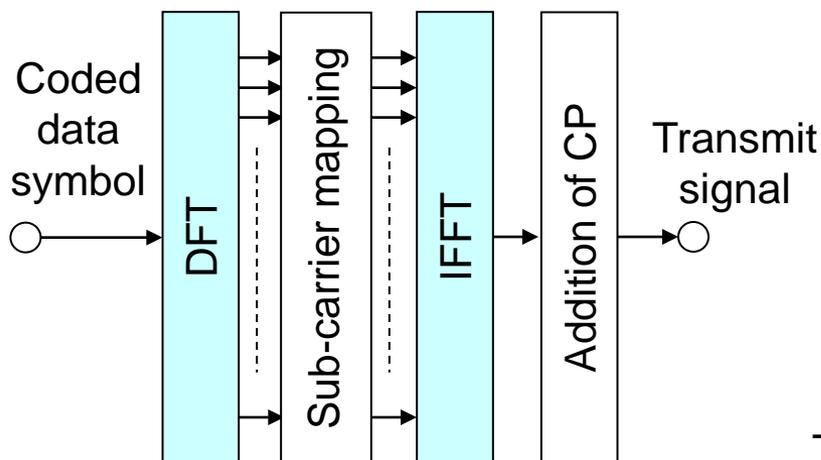
- ▶ マルチパス干渉(MPI)に対する優れた耐性
- ▶ マルチ周波数帯域に対する柔軟な適用(Flexible resource assignment)
- ▶ 高速・大容量化パケットアクセス技術
 - ▶ 周波数領域のチャネル状態を反映したスケジューリング
 - ▶ MIMO multiplexing/diversity
 - ▶ MBMS信号に対するソフト合成(Soft-combining)の適用



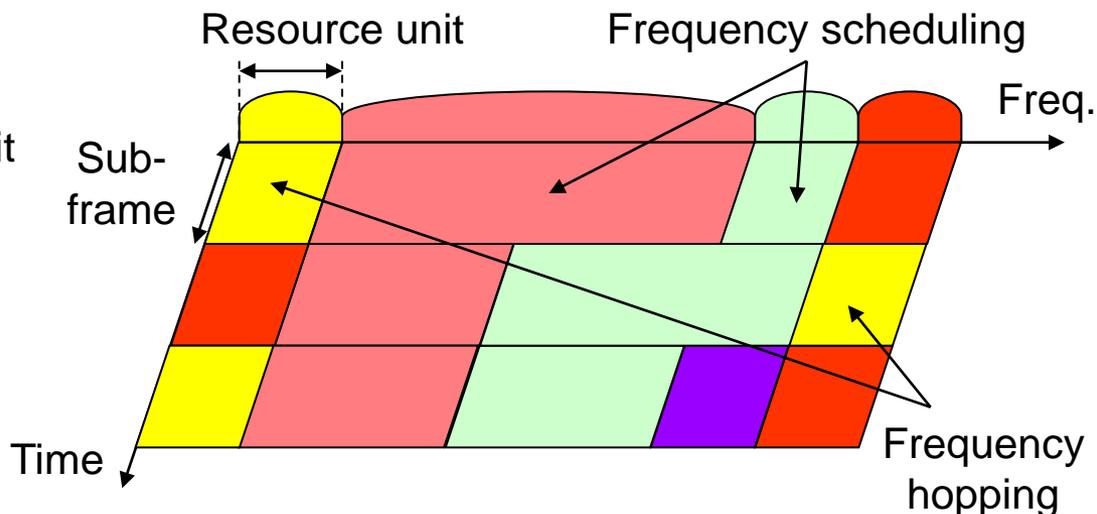
上りリンクSC-FDMA

● シングルキャリアSC-FDMA

- ◆ Low PAPR (Peak-to-average power ratio) による広域カバレッジ
- ◆ セル内のUE間の周波数領域での直交化
- ◆ Cyclic prefixを用いた上り周波数領域イコライザ



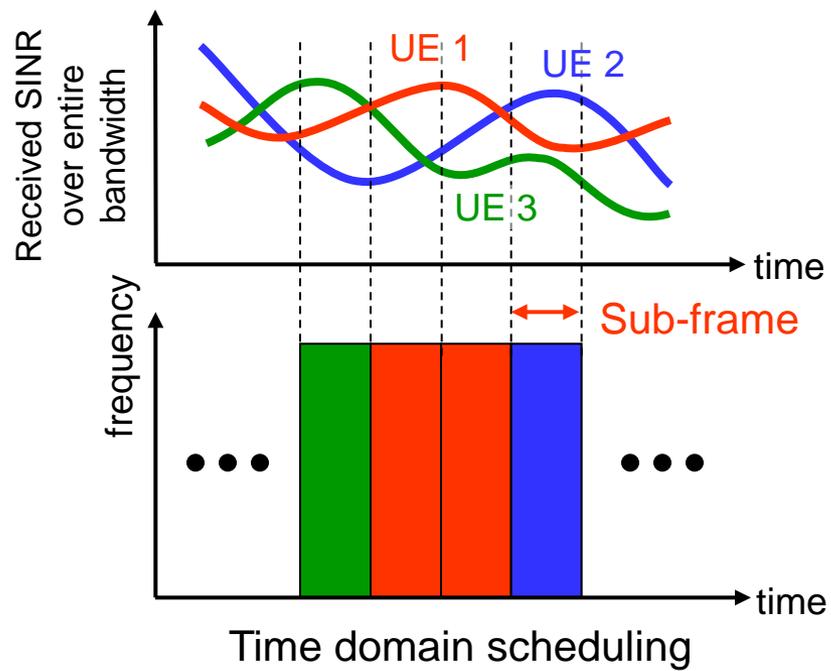
DFT-Spread
OFDM



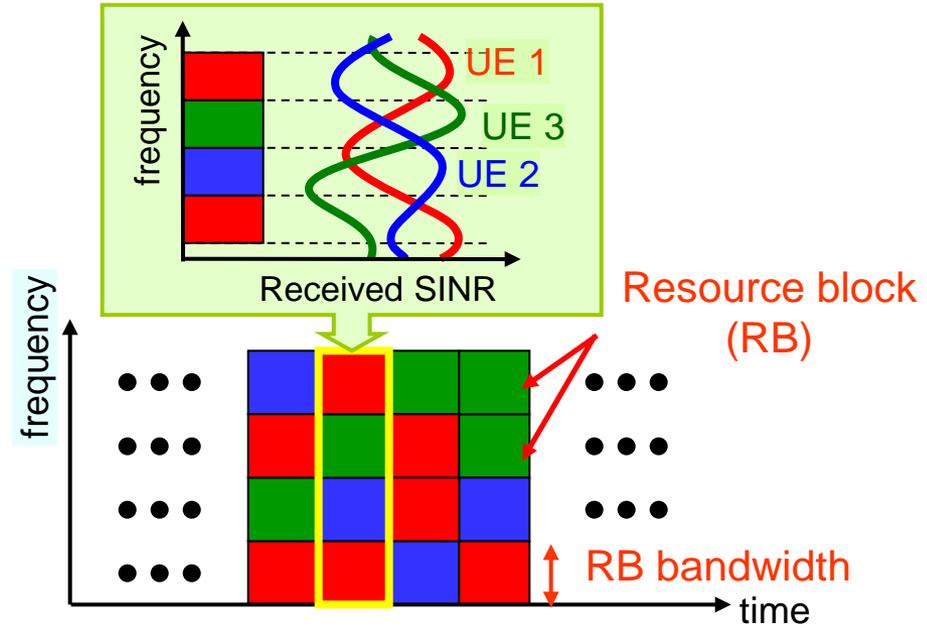
Contiguous resource units are assigned to UE to maintain the single-carrier property

周波数領域スケジューリング

- 全帯域を複数のRB (Resource block) に分割
- 各RBにおける受信品質の良いUEを選択
 - ▶ 周波数選択性フェージング下におけるマルチユーザダイバーシチ効果
 - ▶ AMC適用によるスループット向上



Time domain scheduling



Frequency domain scheduling

LTEにおける複数アンテナ送受信技術

● MIMO多重

è データチャンネルに適用

➡ Single user-MIMO and multi user-MIMO

➡ 2-by-2 MIMO (Downlink) , 1-by-2 SIMO (Uplink)

➡ 下りは最大4x4までサポート

➡ 上りのSU-MIMOはFuture releaseで検討

● MIMOダイバーシチ（送信ダイバーシチ）

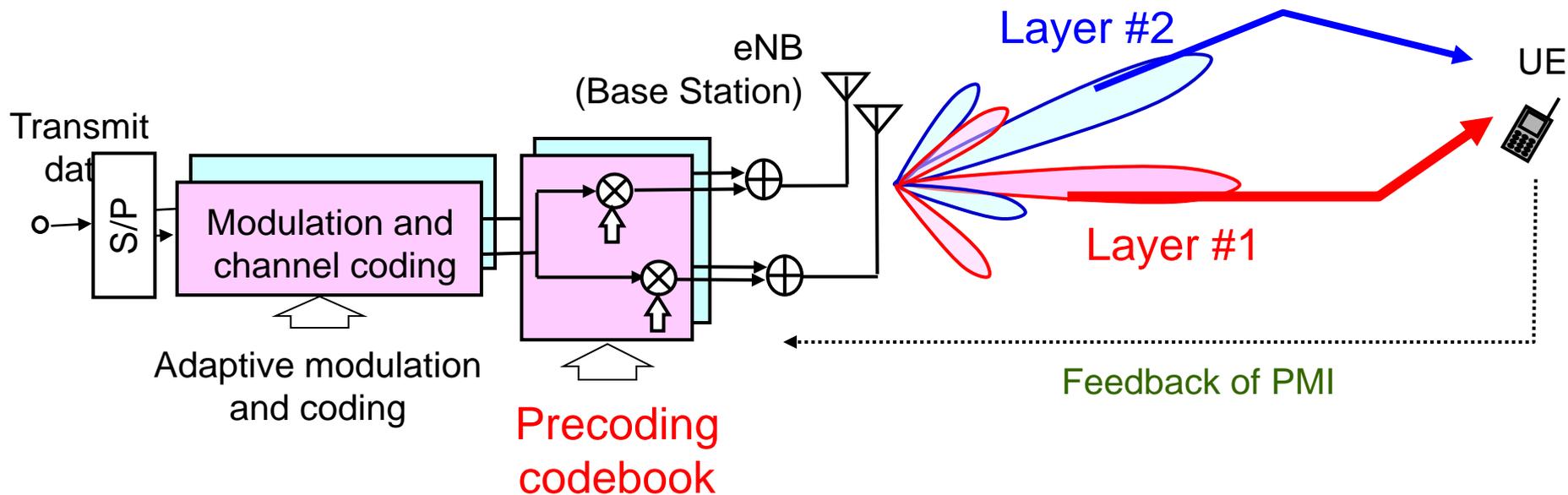
è データ/制御チャンネルに適用

● Adaptive beam-forming

è データチャンネルに適用

下りリンクSU-MIMOの特徴

- **Codebook-based precoding**
 - Codebook (Precoding Matrices) に基づく適応送信アンテナprecoding
- **Multiple-codeword transmission**
 - Codeword (最大codewordは2) 毎にLink adaptationおよびHARQを適用
- **Rank adaptation**
 - 空間多重するストリーム(Layer)数の適応制御
 - 伝搬路環境に応じた最適なストリーム数の選択
 - 全帯域に渡る共通のRank数
- **Support for multiple SU-MIMO modes**
 - Closed-loop type
 - Open-loop type: SFBC (Rank=1)+Large-delay CDD precoding (Rank > 1)



主な無線パラメータ

Carrier Frequency		IMT band
Access Scheme	UL	SC-FDMA
	DL	OFDMA
Bandwidth		1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz
Frame length		1msec
Sub-carrier spacing		15kHz
Cyclic prefix length	Short	4.7msec
	Long	16.7msec
Modulation		QPSK, 16QAM, 64QAM* *ULではoptional
Channel coding		Turbo coding
Multi-antenna		1x2, 2x2 (4x2) MIMO, 4x4 MIMO

LTEの主な特徴: Layer2 ,3

● 遅延の低減

- ▶ データ伝送時間の短縮
- ▶ 接続時間の短縮
- ▶ ハンドオーバー時の制御遅延, および瞬断時間の短縮
 - ▶ Short TTI
 - ▶ Simplified RRC procedure
 - ▶ Simple RRC states

● チャンネル構成のシンプル化

- ▶ チャンネル数の削減
- ▶ チャンネル間のマッピングのシンプル化

● プロトコルアーキテクチャのシンプル化

- ▶ 共有チャンネルをベースとしたパケット伝送
- ▶ Packet Switchのみの構成 (ただしVoIP capabilityはサポート)

コンテンツ

- 移動通信の歴史
- LTE標準化の経緯
- LTEの特徴
- **世界動向**
- LTE商用サービスの展望

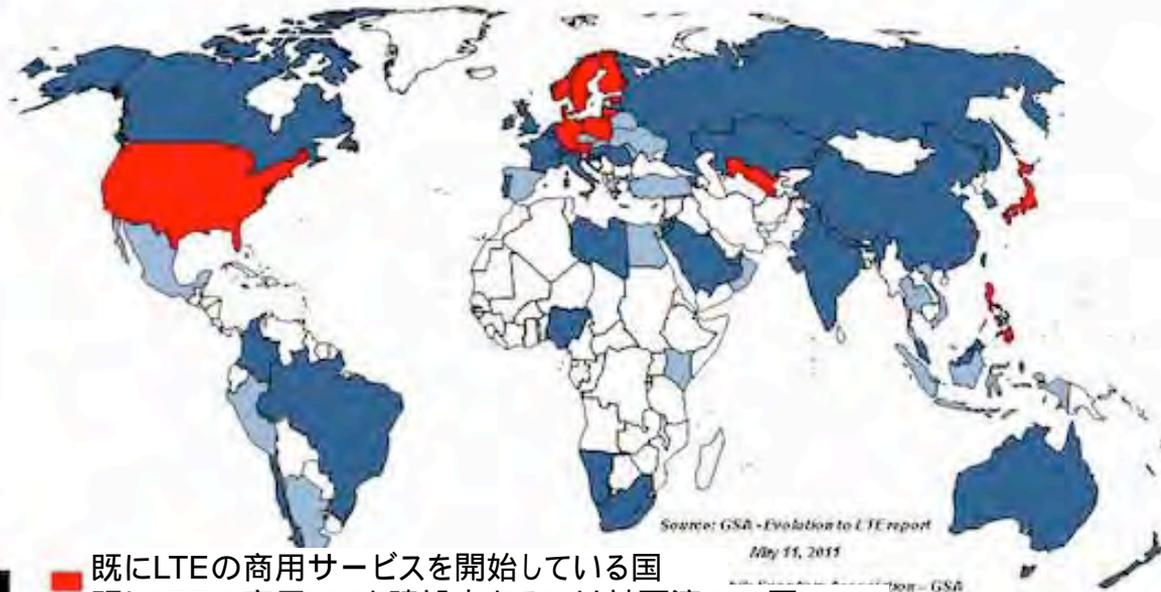
世界におけるLTEの動向

すでに、世界各国・地域で20のLTEネットワークが商用開始。80カ国、208の事業者がLTE導入を宣言もしくは導入に向けた検討をしている(2011年5月現在)。この展開速度はHSPA+よりも速い

世界的に多くの事業者がGSM/W-CDMA/HSPAシステムで商用サービスを展開しており、今後さらに、(国や地域によって導入時期は異なるものの)多くの国や地域でLTEが商用導入されていくと想定される

208 operators in 80 countries investing in LTE

- 154 commercial LTE network commitments in 60 countries
- 54 pre-commitment trials in additional 20 countries
- 8 commercial LTE services launched in 14 countries



- 既にLTEの商用サービスを開始している国
- 既にLTEの商用NWを建設中あるいは計画済みの国
- 既にLTEのTrialを実施中の国

Source: GSA(Global mobile Suppliers Association(GSA))

総務省 報道資料(2009年6月10日)

報道資料



平成21年6月10日

3.9世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設計画の認定

総務省は、本日、3.9世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設計画の認定について、電波監理審議会(会長:濱田 純一 東京大学総長)に訪問したところ、申請のあったすべての開設計画を認定することが適当である旨の答申を受け、開設計画の認定をしました。

4 開設計画の認定

総務省では、電波監理審議会からの答申を踏まえ、本日、イー・モバイル株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ、ソフトバンクモバイル株式会社、KDDI株式会社及び沖縄セルラー電話株式会社の開設計画について、次のとおり周波数を指定して、認定をしました。



※東名阪等について、デジタルMGAの使用期限である平成26年3月末まで使用不可。

- (1)1475.9MHzを超え1485.9MHz以下 ソフトバンクモバイル株式会社
- (2)1485.9MHzを超え1495.9MHz以下 KDDI株式会社/沖縄セルラー電話株式会社
- (3)1495.9MHzを超え1510.9MHz以下 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
- (4)1844.9MHzを超え1854.9MHz以下 イー・モバイル株式会社

申請のあった各社の開設計画の概要

事業者		イー・モバイル 株式会社	株式会社 エヌ・ティ・ティ・コム	ソフトバンクモバイル 株式会社	KDDI株式会社/ 沖縄セルラー電話株式会社
希望周波数帯		1.7GHz帯/10MHz	1.5GHz帯/15MHz	1.5GHz帯/10MHz	1.5GHz帯/10MHz
3.9 世代等 の導入	採用技術	DC-HSDPA LTE(5MHz,2×2MIMO)	LTE(15MHz,2×2MIMO)	DC-HSDPA LTE(5MHz,2×2MIMO)	LTE(10MHz,2×2MIMO)
	導入周波数帯	1.7GHz帯 (DC-HSDPA,LTE)	1.5GHz帯/2GHz帯 (LTE)	1.5GHz帯(DC-HSDPA) 2GHz帯(LTE)	800MHz帯/1.5GHz帯 (LTE)
	運用開始時期	2010年9月	2010年7月	2011年1月	2011年11月
	サービス開始時期	2010年9月	2010年12月	2011年7月	2012年12月
	エリア展開 (2014年度末)	6,388局 75.2%	20,700局 51.10%	9,000局 60.63%	29,361局 96.5%
	設備投資額 (2014年度末まで累計)	644億円	3,430億円	2,073億円	5,150億円
	加入数見込み (2014年度末)	295万加入	1,774万加入	541万加入	984万加入
1.5 GHz帯 / 1.7 GHz帯 の使用	採用方式	HSPA,DC-HSDPA LTE	LTE	HSPA,DC-HSDPA	LTE
	運用開始時期	2010年1月	2012年5月	2009年12月	2011年11月
	サービス開始時期	2010年1月	2012年度第3四半期	2010年4月	2012年12月
	エリア展開 (2014年度末)	6,676局 75.2%	5,700局 50.62%	10,000局 81.47%	6,361局 53.0%
	設備投資額 (2014年度末まで累計)	660億円	1,151億円	2,100億円	1,315億円

コンテンツ

- 移動通信の歴史
- LTE標準化の経緯
- LTEの特徴
- 世界動向
- **LTE商用サービスの展望**

ドコモのLTEブランド「Xi(クロッシィ)」

- ・ 2010年12月24日にサービス開始
- ・ LTEの特長である「高速」「大容量」「低遅延」を活用し、これまでにない新しいサービスを提供していく

LTEの特長

高速

通信速度

約10倍

大容量

周波数利用効率

約3倍

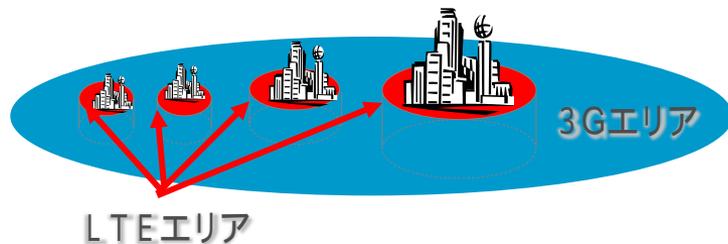
低遅延

伝送遅延(最大効果)

約1/4

(FOMAサービス(HSPA)との比較)

3Gにオーバーレイしながらエリア拡充



HSPA下り最大7.2Mbpsと、LTE下り最大75Mbpsとの比較

サービスブランド名・ブランドロゴ



Xi(クロッシィ)

「X」は「人、物、情報のつながり」「無限の可能性」、
「i」は「イノベーション」「私」を意味しています。

端末(データ通信専用)

- ▶ 受信最大75Mbps
- ▶ LTEエリア外でもHSPA(受信最大7.2Mbps)で通信可能



USB型

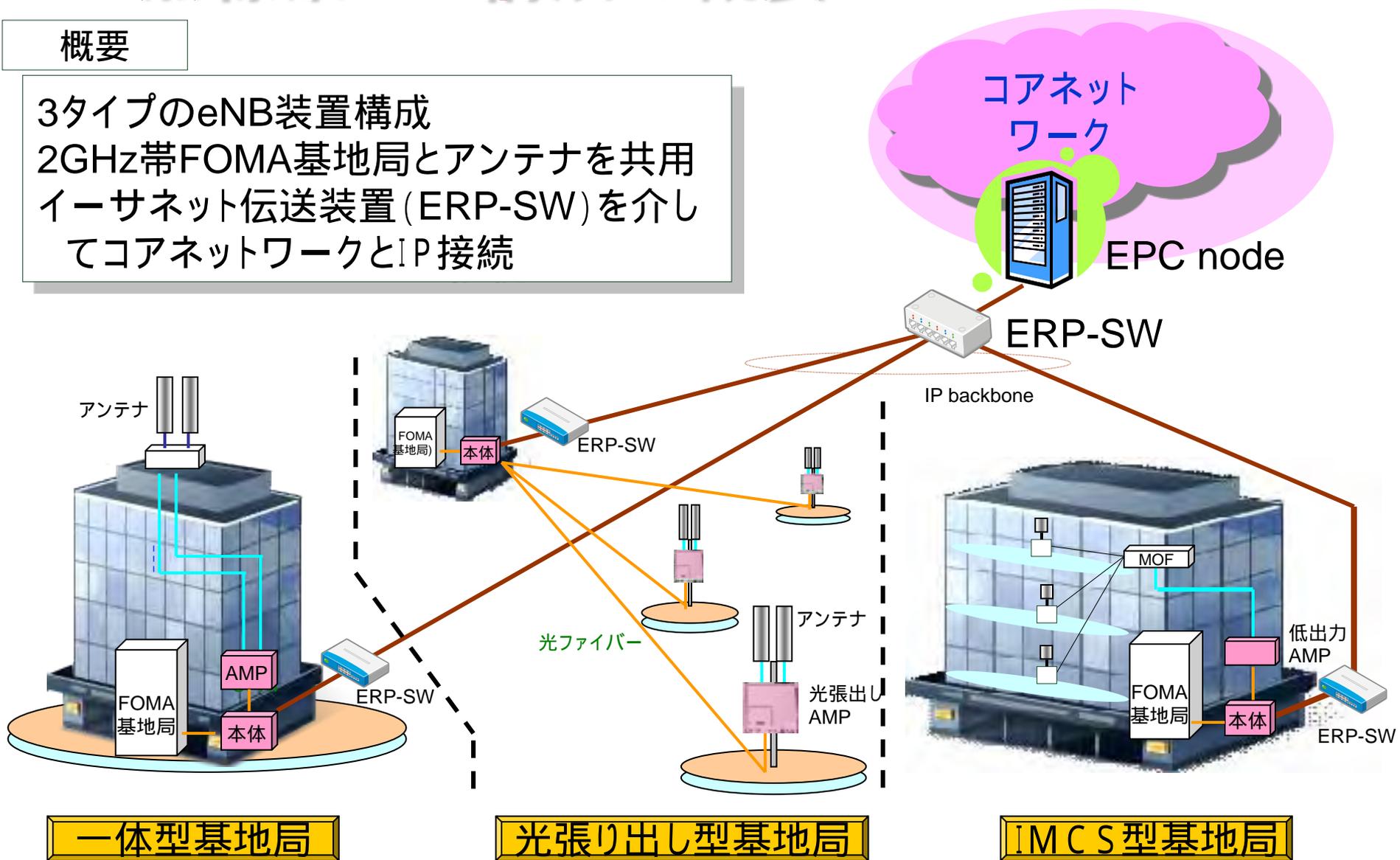


ExpressCard型

LTE無線系NW構成の概要

概要

3タイプのeNB装置構成
 2GHz帯FOMA基地局とアンテナを共用
 イーサネット伝送装置(ERP-SW)を介して
 コアネットワークとIP接続

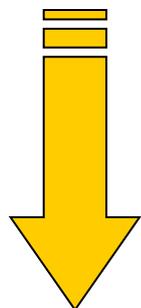


CAPEX低減の取り組み 光張出しAMPの先行商用展開

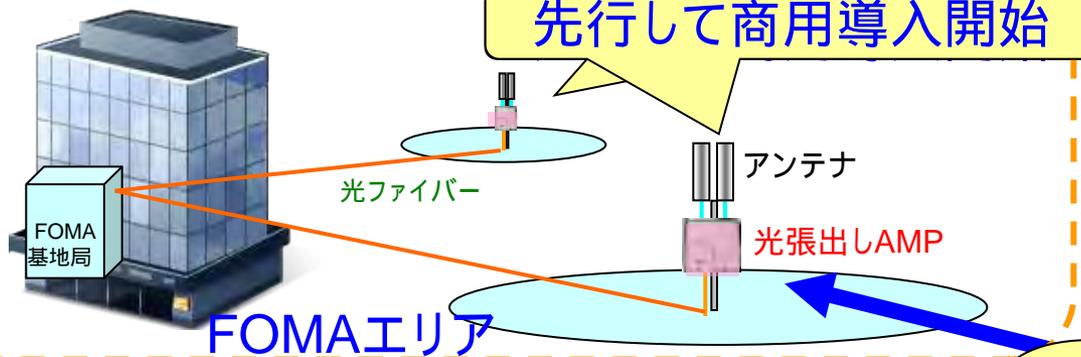
展開

FOMAサービスからLTEサービスへ
光張出しAMPとアンテナを流用

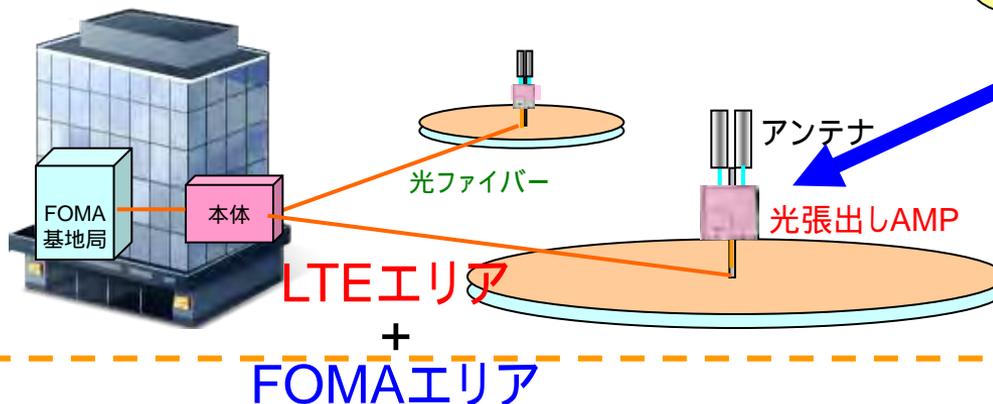
2009年10月～



先行して商用導入開始



2010年12月～



同じ装置
(置換え無し)

システム展開シナリオ(想定)

LTEは既存3Gエリアにオーバーレイする形で導入

LTE対応移動機は既存3G機能をサポートし、

LTEエリア外では既存3Gでサービス提供

短期間での全国エリア展開は必須ではない

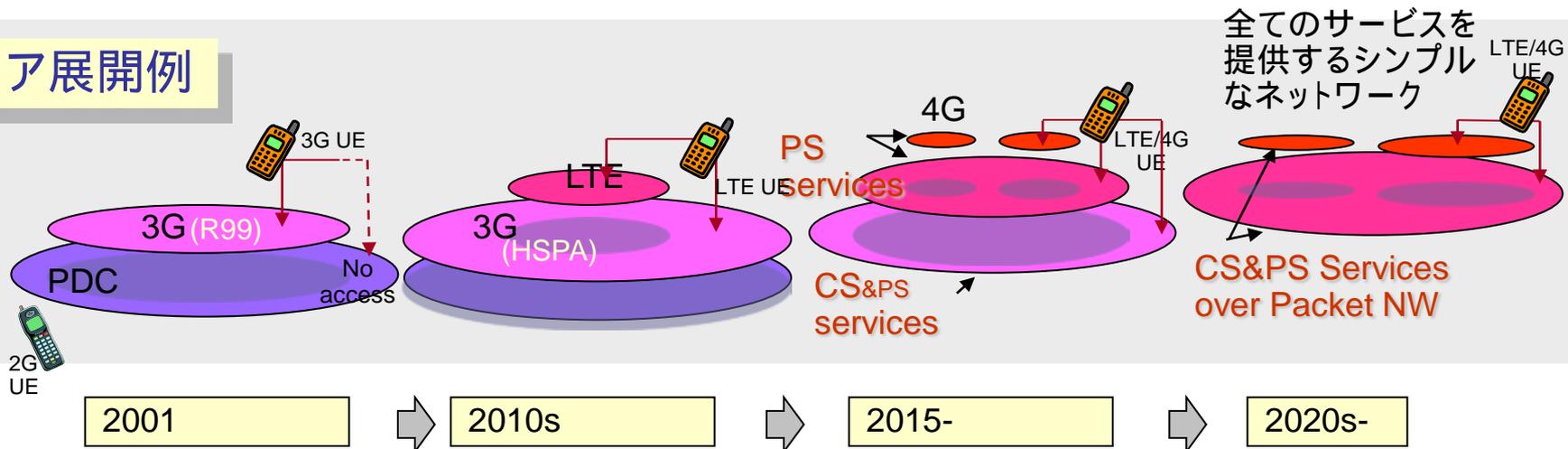
(費用対効果に従い、LTEエリアを順次展開)

当初は、音声サービスはCSFBにより、既存システムで提供

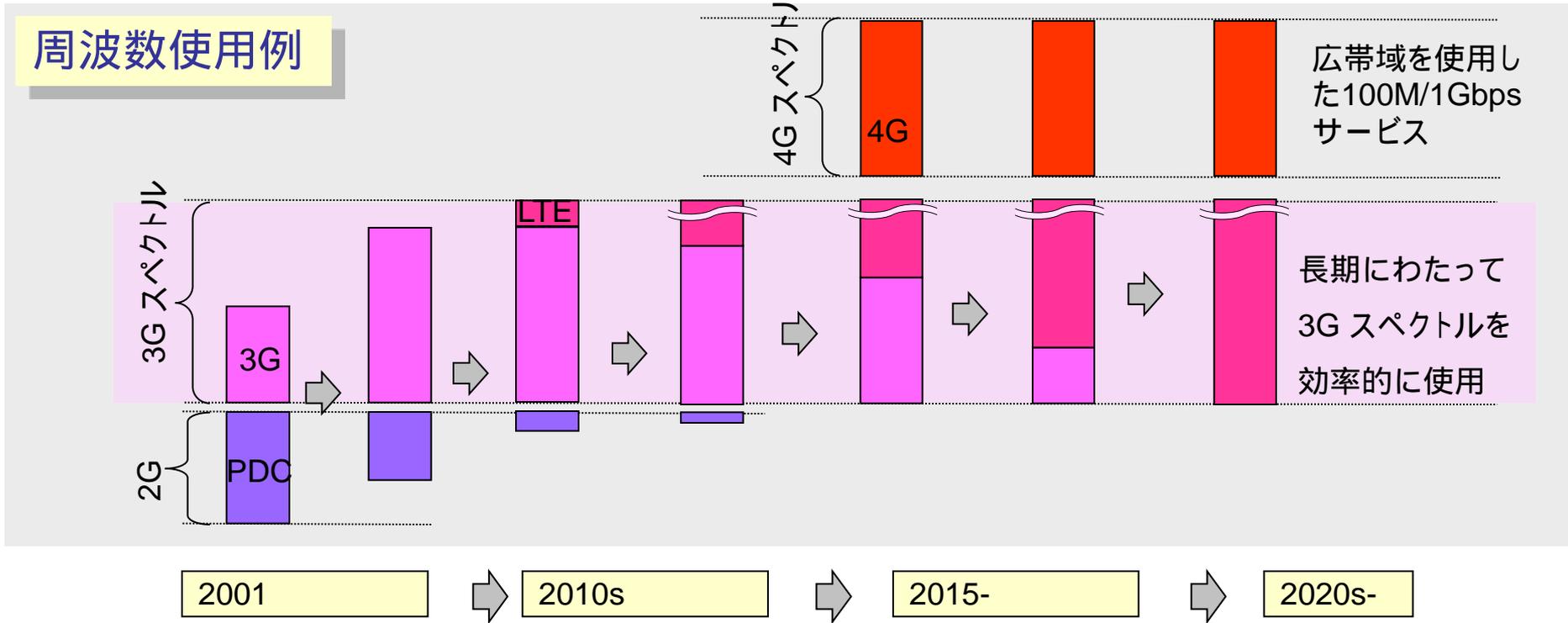
その後、VoIP/LTEを導入し、究極ではLTE上で全ての

回線交換サービスを提供

エリア展開例



システム展開シナリオの想定



当初は、2GHz帯の最低5MHz帯域幅から導入。

次いで、新規周波数1.5GHz帯で5～15MHz帯域幅で導入
LTE対応移動機の普及とともに、LTE周波数を拡大。

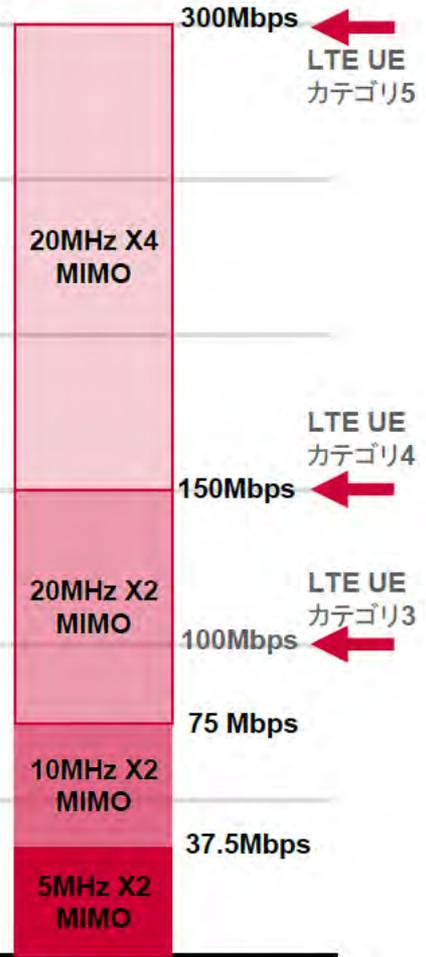
究極では全帯域をLTEで効率利用。

ピーク速度とUEカテゴリ・使用帯域幅

•LTE初期移動機(カテゴリ3)で運用帯域拡大により最大100Mbpsまで拡大。
(5MHz運用で37.5Mbps, 10MHz運用で75Mbps)

UE カテ ゴリ	ピークレート (Mbps)				備考
	5MHz	10MHz	15MHz	20MHz	
1	10	10	10	10	2受信ダイバーシチ
2	37.5	50	50	50	2x2MIMO
3	37.5	75	100	100	2x2MIMO
4	37.5	75	112.5	150	2x2MIMO
5	75	150	225	300	4x4MIMO

LTE導入初期のカテゴリ
ドコモ、及び世界の多くの市場で開発中



LTE

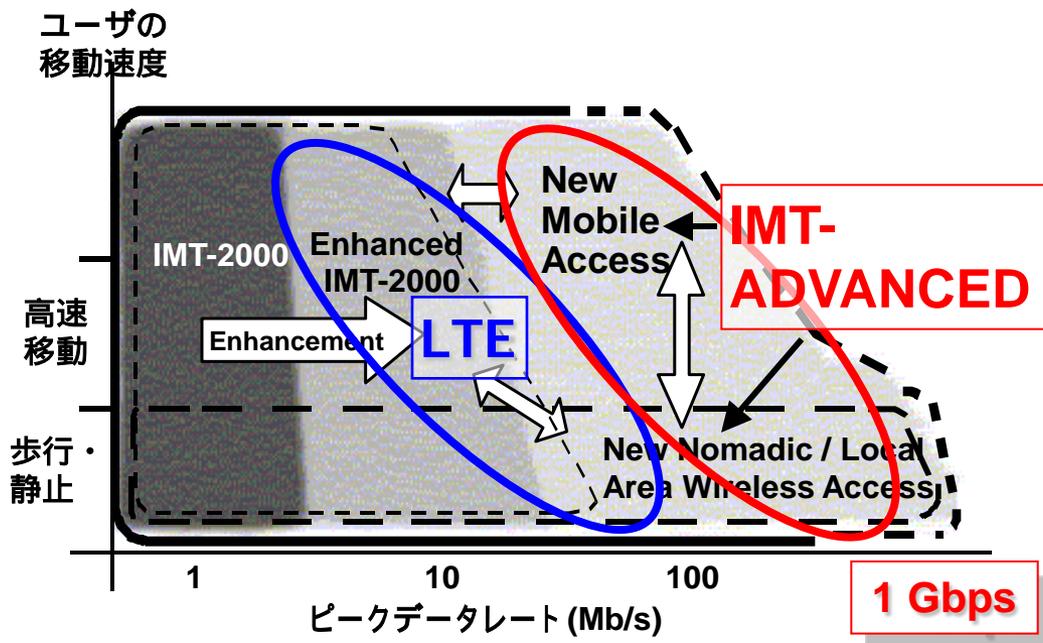
LTE-Advancedに 向けた取り組み

ITU-R IMT-Advanced(4G)標準化と 3GPP LTE-Advanced標準化

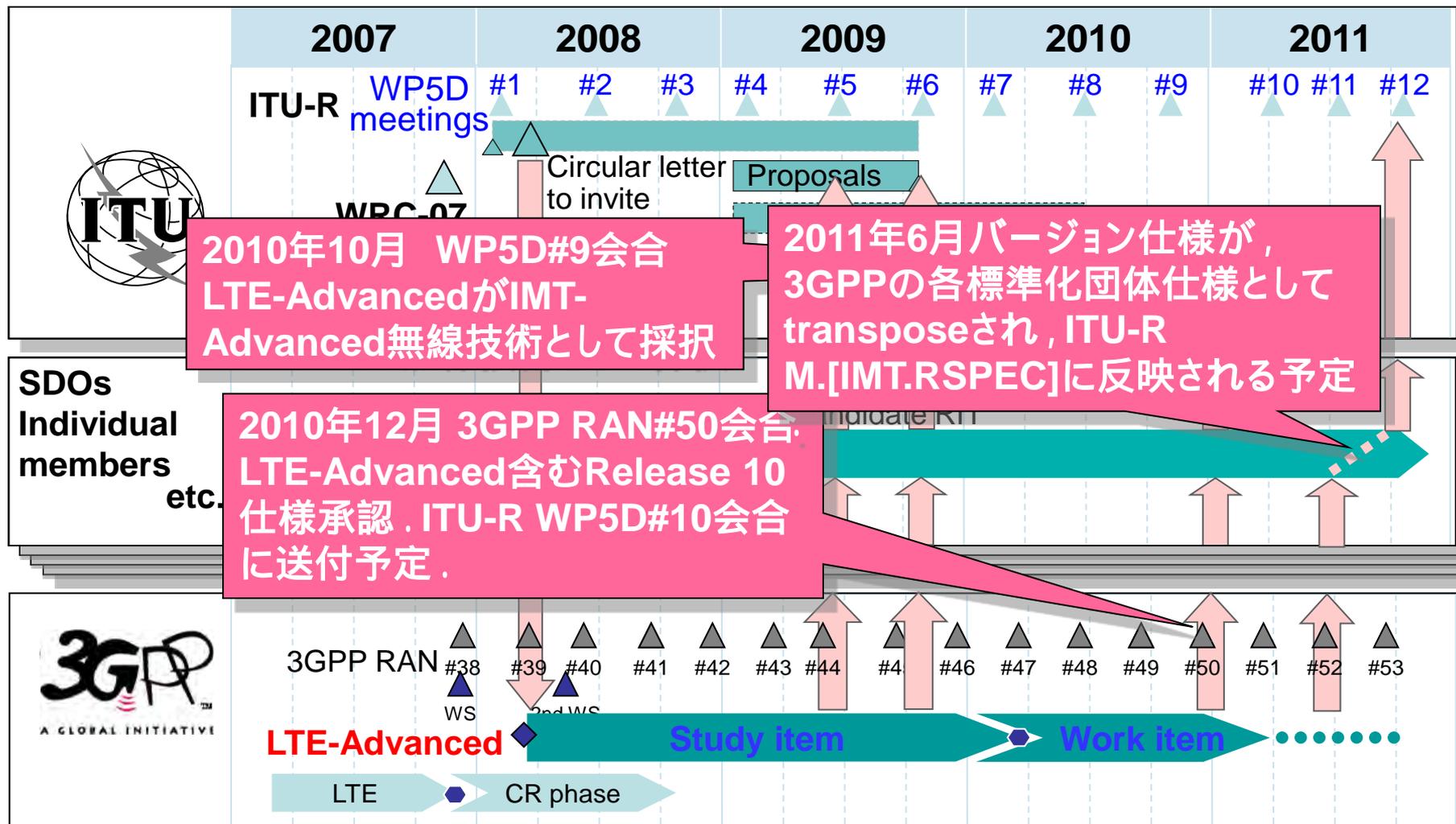


2000年代初頭よりIMT-2000(3G)の次期システム(4G)の標準化作業を開始 → **IMT-Advanced**

国際電気通信連合・無線通信部門(ITU-R)の
フレームワーク勧告 (ITU-R Recommendation M.1645)
- Van Diagram -



LTE-Advanced標準化スケジュール



LTE-Advancedの主要要求条件(1)

n Rel-8 LTEとの関係

- ・ LTE-AdvancedはLTE Rel-8のEvolution
- ・ LTE-AdvancedはLTE Rel-8とのバックワードコンパチビリティを有する
- ・ 現状のIMTスペクトラムおよび新たに割り当てられたスペクトラムで運用可能

⇒ スムーズおよび柔軟なシステム展開が可能

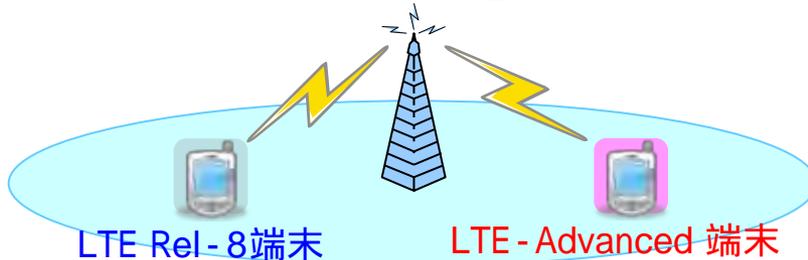
LTE-Advanced
(LTE Release 10)



LTE-AdvancedはLTE Rel-8, 9の機能を包含し、さらに新規機能を追加して高機能化

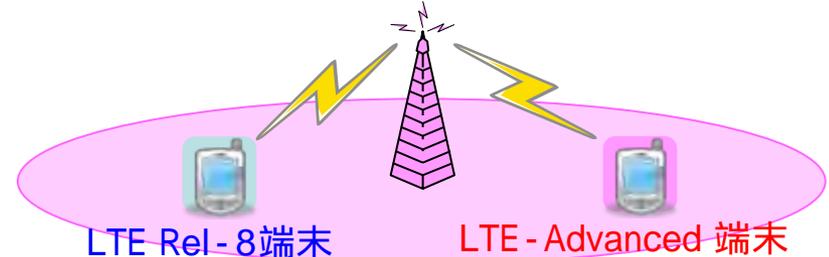
LTE-AdvancedのLTE Rel-8からのEvolution

LTE Rel-8セル



LTE Rel-8セルにて, LTE Rel-8端末とLTE-Advanced端末の共存可能

LTE-Advanced セル



LTE-Advancedセルにて, LTE Rel-8端末とLTE-Advanced端末の共存可能

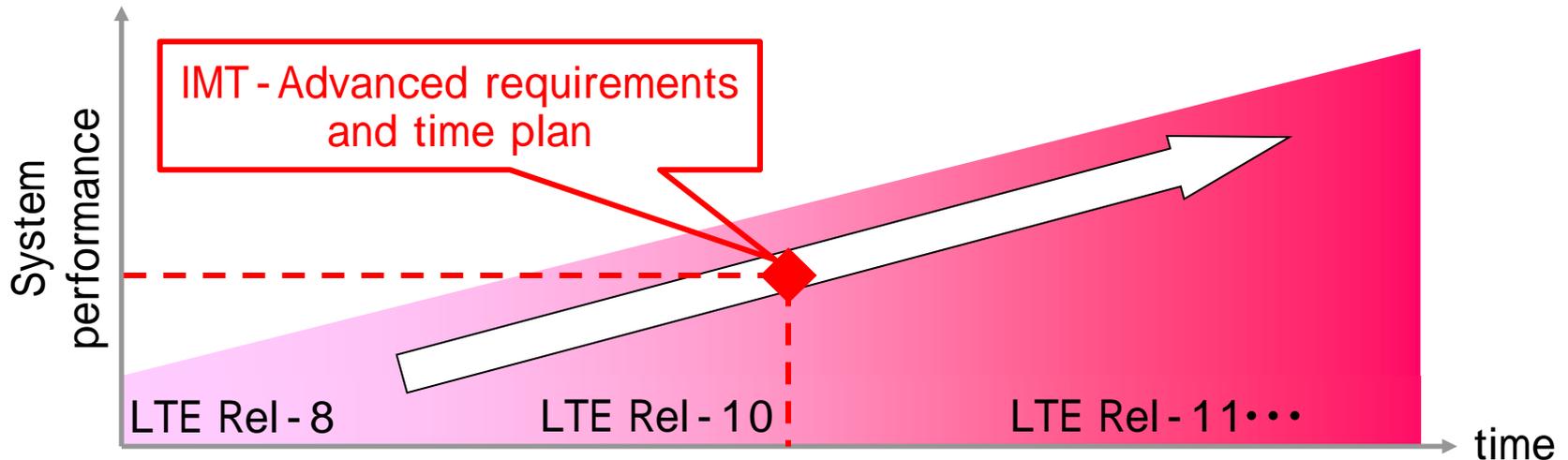
LTE-AdvancedのLTE Rel-8とのバックワードコンパチビリティ

LTE - Advancedの主要要求条件(2)

n IMT - Advancedとの関係

- ・ LTE - Advancedの**最小要求条件**は, ITU-Rのタイムプラン内にIMT - Advancedの**要求条件を満たすこと**

è LTE - Advancedは, ITU-R IMT - Advancedの**無線インターフェース**



LTE - Advancedの目標性能

		Rel. 8 LTE	LTE - Advanced	IMT - Advanced
ピーク伝送速度	DL	300 Mbps	1 Gbps	1 Gbps(*)
	UL	75 Mbps	500 Mbps	
ピーク周波数利用効率 [bps/Hz]	DL	15	30	15
	UL	3.75	15	6.75

		アンテナ構成	Rel. 8 LTE *1	LTE - Advanced *2	IMT - Advanced *3
セル無線容量 [bps/Hz/cell]	DL	2-by-2	1.69	2.4	-
		4-by-2	1.87	2.6	2.2
		4-by-4	2.67	3.7	-
	UL	1-by-2	0.74	1.2	-
		2-by-4	-	2.0	1.4
セル端ユーザ スループット [bps/Hz/cell/user]	DL	2-by-2	0.05	0.07	-
		4-by-2	0.06	0.09	0.06
		4-by-4	0.08	0.12	-
	UL	1-by-2	0.024	0.04	-
		2-by-4	-	0.07	0.03

1.4 - 1.7倍

* 1 See TR25.912 (Case 1 scenario)

* 2 See TR36.913 (Case 1 scenario)

* 3 See ITU-R M.2135 (Base Coverage Urban scenario)

その他の要求条件

n 遅延 (Latency)

- ・ 接続遅延 (C-plane latency) : 待受け状態から呼接続に要する時間
- ・ 伝送遅延 (U-plane latency) : 無線アクセスネットワーク内の片道伝送遅延

	Rel. 8 LTE	LTE-Advanced	IMT-Advanced
接続遅延	100 msec以下	50 msec以下	100 msec以下
伝送遅延	5 msec以下	Rel. 8 LTEと同等以下	10 msec以下

n モビリティ

- ・ Rel. 8 LTEと同等の350 km/hまでのモビリティをサポート
- ・ 低速環境 (10 km/hまで) におけるシステム性能の改善を重視

n カバレッジ

- ・ Rel. 8 LTEと同等のカバレッジをサポート

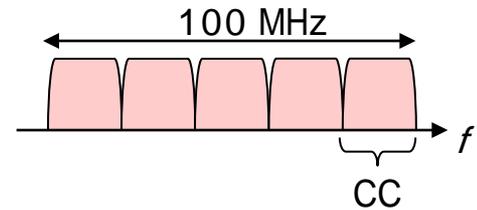
n エリア展開の柔軟性

- ・ 従来のマルチセル環境に加えて屋内環境を重視
- ・ ヘテロジーニアスネットワーク (後述)

LTE-Advancedの主要技術

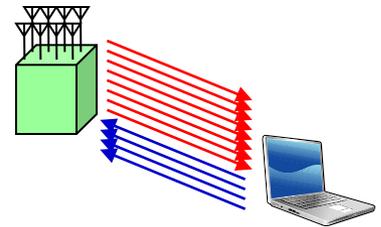
n 広帯域化のサポート(キャリアアグリゲーション)

- ・ 複数のコンポーネントキャリア(CC)を用いる
最大100 MHzまでの広帯域化
- ・ CC当りの無線パラメータはLTEと同一
- è **ピークデータレート, 送信帯域幅, LTEとの互換性**



n MIMO送受信技術の拡張

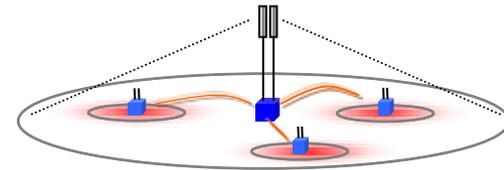
- ・ 最大MIMO多重伝送数の拡張 è 下り最大8レイヤ, 上り最大4レイヤ
- ・ マルチユーザMIMOへの拡張
- è **ピークデータレート, ピーク周波数利用効率, キャパシティ**



n ヘテロジーニアスネットワークにおけるセル間干渉制御

(eICIC: enhanced Inter-Cell Interference Coordination)技術

- ・ 異なる送信電力のセル(マクロセル, ピコセル, フェムトセル等)が混在する環境におけるeICIC技術
- è **セル端ユーザスループット, カバレッジ, エリア展開の柔軟性**



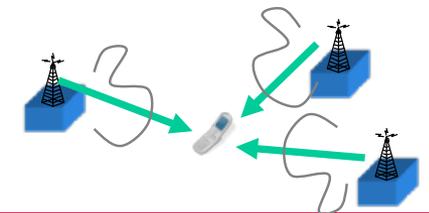
n リレー伝送

- ・ 既存セルから物理的に離れた場所に新たなセルを構成
- è 無線でのバックホールリンクのサポート
- è **カバレッジ, エリア展開の柔軟性**



n セル間協調 (CoMP: Coordinated Multi-Point) 送受信

- ・ 下りリンク複数セル送信, 上りリンク複数セル受信のサポート
- è **セル端ユーザスループット, カバレッジ**



NTT
docomo