

公共ブロードバンド移動通信システムの 多段中継伝送について

平成29年1月24日
公共ブロードバンド移動通信システム
高度化作業班事務局

- 公共ブロードバンド移動通信システムの検討にあたり、情報通信技術分科会及び陸上無線通信委員会において以下のようなご指摘をいただいたところ

【情報通信審議会 情報通信技術分科会(第123回) 三瓶委員】

例えば(分割数を)2つと3つと比較をしてしまうと、こちら側、例えばスループットが高い、低いという議論はあまり成り立たなくて、違う条件でやっているから違うとしかならないはずです。蓄積型の部分も時間分割ですが、時間分割と周波数分割は、例えばFDDとTDDのように効果は同じです。多分、変に比較してしまうと、誤った結論になってしまう気がします。

【情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会(第34回) 安藤主査】

海上利用でも多段中継利用でも、伝送距離は重要であるので、明確にすべきではないか。中継しない場合の距離と多段中継する場合の距離の両方が示されていると、多段にする理由がわかりやすい。

海上利用についても、どれくらいのことまでを実現したいのかを明確にすると良いのではないか。



⇒ 上記ご指摘を踏まえ、以下の検討を行う

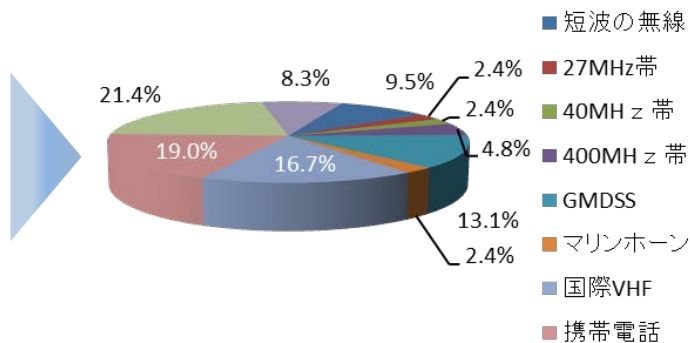
- ・ 使用する帯域幅を狭くする形の多段中継方式に関して、利用者ニーズ等を踏まえた効率的な分割数
- ・ 要求条件の明確化

○ 海上利用に関するニーズの把握について、海上で無線局を運用している国の機関(16者)に対してアンケートを実施
 <アンケート結果(抜粋)>

現在ご使用中の、無線通信システムを教えてください (複数回答可)

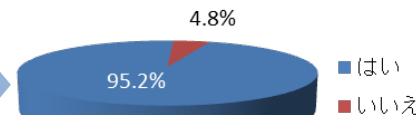
通信機器の状況	
短波の無線	8
27MHz帯	2
40MHz帯	2
400MHz帯	4
GMDSS	11
マリンホーン	2
国際VHF	14
携帯電話	16
衛星通信	18
その他	7
計 注)	84

注) その他: 150MHz帯



今後海上でのブロードバンド通信利用を期待しますか?

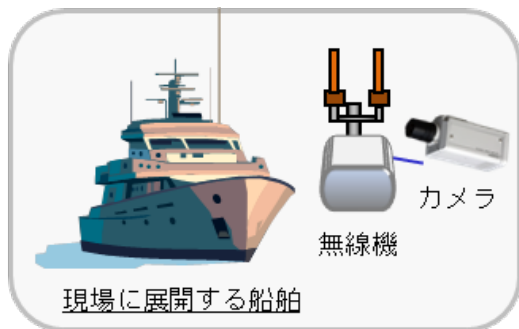
ブロードバンド期待度	
はい	20
いいえ 注)	1
計	21



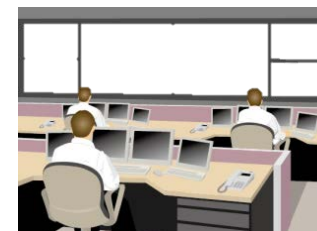
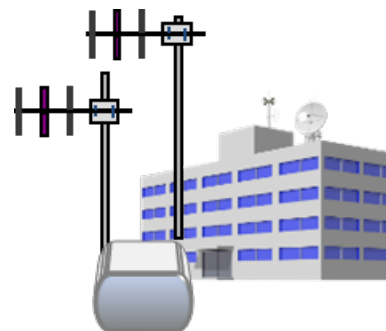
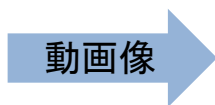
注) 日常作業(管理監督業務)の中では、通常の業務無線の範疇でよい

(出典)「公共分野におけるブロードバンド移動通信システムの利用拡大のための技術的条件に関する調査検討」(平成26年度)

<利用シーン例>



ブロードバンド通信



■ 船から陸への映像配信

⇒ 海上においても多数の通信機器が利用されているが、ブロードバンド通信(動画像の送信)へのニーズは高い

○ 具体的な利用シーン等のヒアリングを国の機関に対して実施

分類	ニーズ・利用シーン
<p>海上利用 (単一回線) (多段中継)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 画像伝送等のデータ通信を行いたい <ul style="list-style-type: none"> ➡ 数百kbps以上の伝送が必要 ➡ 小型船舶を含む設置等において簡便な利用が可能であること ➢ 最大沿海区域(20海里)はカバーしたい (多段中継としてのニーズ) <ul style="list-style-type: none"> ➡ 中継による通信距離延長が必要 <div data-bbox="466 471 1813 821" style="border: 2px solid red; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center; background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px;">利用シーン(1段中継の例)</p> <p style="text-align: center;">現場に展開する船舶 カメラ 無線機 中継 無線機 陸上拠点</p> <p style="text-align: center;">20海里 (約37km)</p> <p style="text-align: center;">小型船舶でも中継利用可能なシステムが必要</p> </div>
<p>陸上利用 (多段中継)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 車両で行けない災害現場に、本部⇔車両⇔現場(人)など中継を行い画像伝送を行いたい <ul style="list-style-type: none"> ➡ 災害場所(遮蔽物が多い地下街等)によっては、多段中継による伝送が必要 ➡ 災害現場によっては、アンテナの設置場所が制限されるため、簡便な利用が可能であること <div data-bbox="445 999 1792 1399" style="border: 2px solid red; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center; background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px;">利用シーン(1段中継の例)</p> <p style="text-align: center;">インビル通信 (VHF帯伝搬特性) 中継機能 中継車両 被災現場映像 本部</p> </div>

- 現行の公共ブロードバンド移動通信システムの運用状況等を踏まえ、高度化については以下の点を押さえた検討を行う
 - － 使用する周波数帯は現行システムと同じとする
 - － 現行の技術基準で準用可能なものは可能な限り準用する
 - － 他システムとの共用条件を変えないため、隣接チャネル漏えい電力と不要発射の強度の許容値は、現行の公共ブロードバンド移動通信システムと同等とする
 - － 基地局又は携帯基地局を介さない運用があることを踏まえ、移動局間で回線が構成できるようにする



⇒ 公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する要求条件は、ユーザニーズを踏まえつつ、上記基本的考え方に基づいて整理する

項目	要求条件
周波数帯	既存の公共ブロードバンド移動通信システムを高度化するための検討であり、使用周波数帯は既存の公共ブロードバンド移動通信システムが使用している170MHzから202.5MHzまでの周波数帯を使用周波数帯とすること
無線方式	既存の公共ブロードバンド移動通信システムの技術的条件を準用することで、早期の実用化が見込めることから、準用可能な項目については特段の理由がない限り準用すること
他システムとの共用	隣接チャネル漏えい電力と不要発射の強度の許容値を既存の公共ブロードバンド移動通信システムと同等とすることで、隣接周波数帯を使用する既存無線システムへの影響の程度を現行と同等とすること
回線の構成	多段中継伝送及び海上利用とも、基地局又は携帯基地局を介さない、移動局間の対向通信を想定していることから、移動局間で回線が構成されるものとして検討を行うこと
通信速度	公共ブロードバンド移動通信システムは映像の伝送を目的として導入されたことを踏まえ、多段中継伝送及び海上利用(単一回線、多段中継いずれも)においても、映像の伝送を行うことから、現行の公共ブロードバンド移動通信システムで求めている500kbps以上の通信速度を確保するものとして検討を行うこと
海上利用(単一回線)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現行の公共ブロードバンド移動通信システムで求めている500kbps以上の伝送が可能なこと ■ 陸上⇔船舶間、船舶⇔船舶間で通信が可能なこと
中継利用 (陸上中継、海上中継)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1ch内(5MHz帯域内)での中継伝送が可能な方式であること ■ 現行の公共ブロードバンド移動通信システムで求めている500kbps以上の伝送が可能なこと ■ 空中線間の離隔距離が極力不要な方式であること ■ 多段中継が可能な方式であること ■ 原理的に20海里(37km)以上の通信距離が可能な方式であること

○ 多段中継伝送に関して想定される方式は下記のとおり

多段中継伝送に係る中継方式

非再生中継方式

再生中継方式

中継アクセス方式

■ FDMA方式

■ 周波数分割制御方式

■ TDMA方式

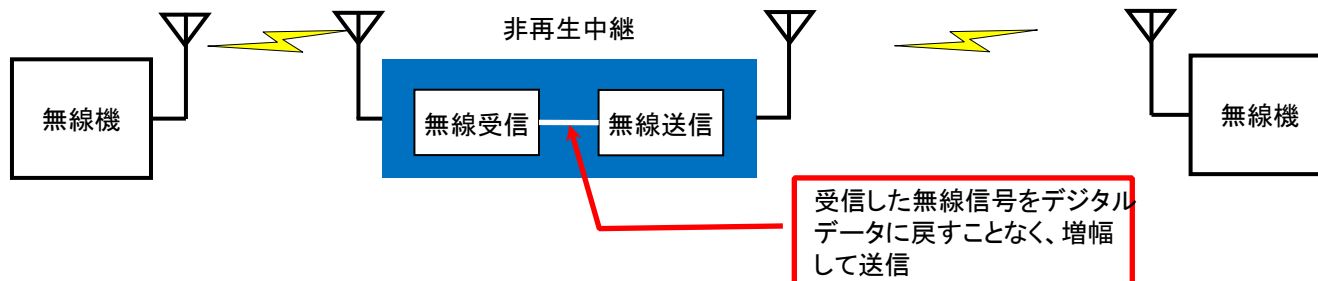
■ 蓄積型時分割制御方式

■ CDMA方式

■ OFDMA方式

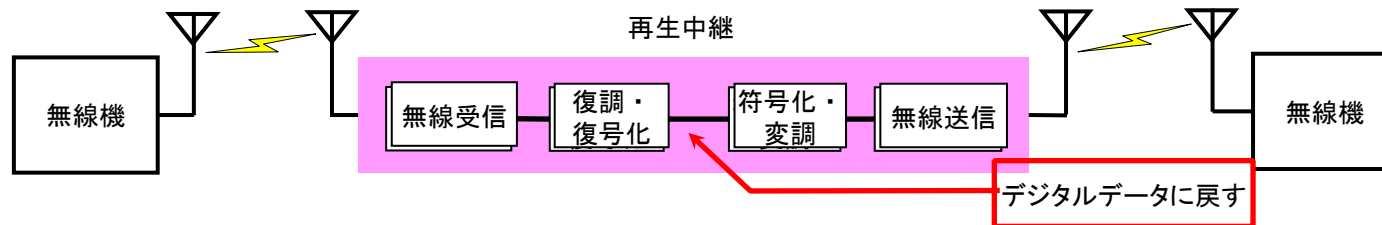
■ セグメント分割制御方式

【非再生方式】



- ・装置構成が簡素
- ・伝送遅延特性が良い
- ・送信と受信のタイミングが重なるため、空中線間のアイソレーションに注意が必要

【再生方式】

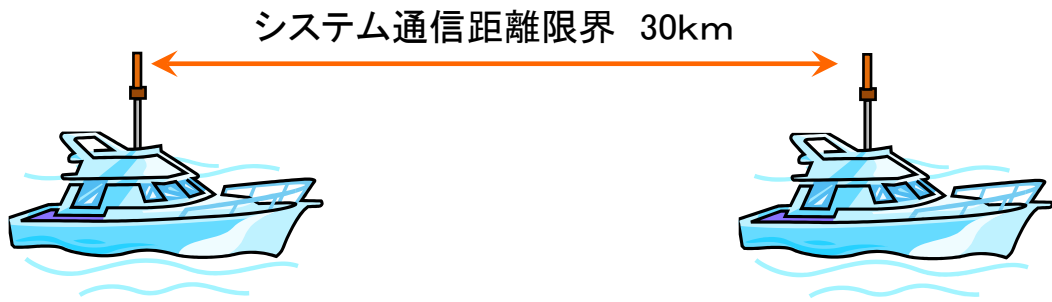


- ・送信と受信のタイミングが重ならない
- ・無線機の送信電力制御と同一サブキャリアを使用しないことにより、空中線間のアイソレーションの低減効果
- ・非再生方式より伝送遅延が大きい

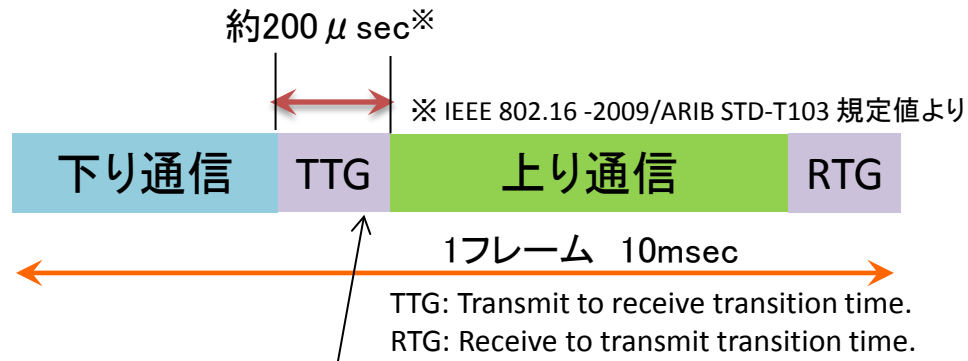
#	項目	高度化要求条件	非再生方式	再生方式
1	周波数帯	170MHzから202.5MHzまでの周波数帯を使用すること	○	○
2	無線方式	技術的条件が可能な限り準用可能な方式であること	○	○
3	他システムとの共用	既存無線システムへの影響が現状と同等であること	○	○
4	回線の構成	移動局間で回線の構成が可能であること	○	○
5	通信速度	500kbps以上の通信速度を確保すること	○	○
6	中継利用①	1Ch(5MHz帯域)で中継伝送が可能な方式であること	○	○
7	中継利用②	空中線間の離隔距離が極力不要な方式であること	× (アイソレーションが必要)	○
8	中継利用③	多段中継が可能な中継方式であること	○	○
9	中継利用④	20海里(約37km)以上の通信距離が可能な方式であること	× (P.8参照)	○

⇒ 多段中継伝送方式に係る中継方式としては再生方式が適している

【TDD通信システムにおける通信到達距離限界について】



TDD(Time Division Duplex)通信システムの場合、送信・受信間のギャップタイム(TTG)の間に電波が往復する時間が必要であり、その時間が通信到達距離限界となる。



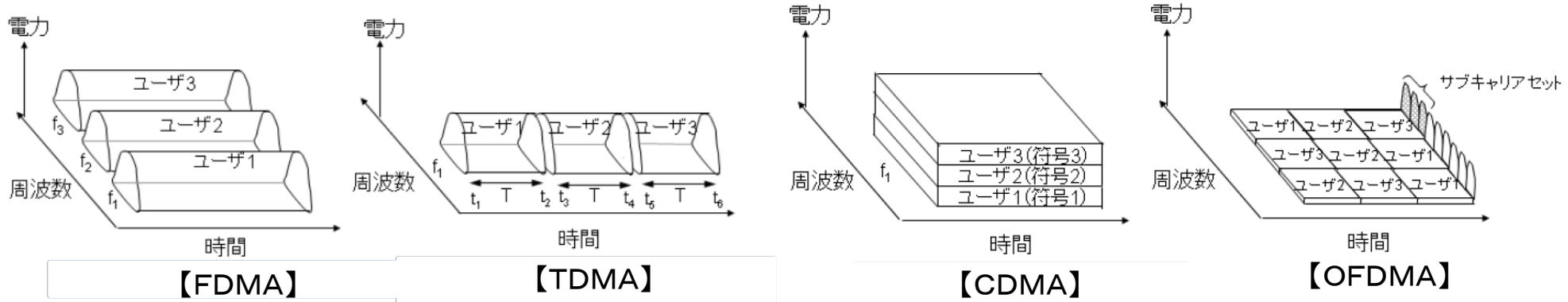
この時間内に電波が往復する必要がある

計算式: $C(\text{光速}) \times 200 \mu \text{ sec}(\text{ギャップ}) \div 2(\text{往復の時間})$
 $= 3 \times 10^8(\text{m/sec}) \times 200 \times 10^{-6}(\text{sec}) \div 2 = 30000\text{m} = 30\text{km}$

参考: 距離と電波到達時間の関係

距離	電波到達時間(往復)
1km	6.6μsec
5km	33.4μsec
10km	66.6μsec
30km	200μsec
50km	334μsec
100km	666μsec

⇒ 非再生方式では、ギャップタイム(TTG)ごとに中継を行う必要があり、原理的に30km以上の通信距離に対応することが困難であるため、多段中継伝送の中継方式には適さない



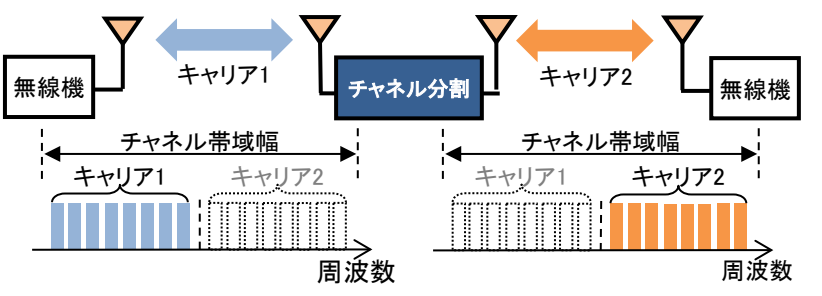
(出典) 電子情報通信学会 「知識ベース」

#	項目	高度化要求条件	FDMA	TDMA	CDMA	OFDMA
1	周波数帯	170MHzから202.5MHzまでの周波数帯を使用すること	○	○	○	○
2	無線方式	技術的条件が可能な限り準用可能な方式であること	○	○	△	○
3	他システムとの共用	既存無線システムへの影響が現状と同等なこと	○	○	○	○
4	回線の構成	移動局間で回線の構成が可能であること	○	○	○	○
5	通信速度	500kbps以上の通信速度を確保すること	○	○	○	○
6	中継利用①	1ch(5MHz帯域)で中継伝送が可能な方式であること	○	○	○	○
7	中継利用②	空中線間の離隔距離が極力不要な方式であること	○	○	○	○
8	中継利用③	多段中継が可能な中継方式であること	○	○	○	○
9	中継利用④	20海里(約37km)以上の通信距離が可能な方式であること	○	○	○	○

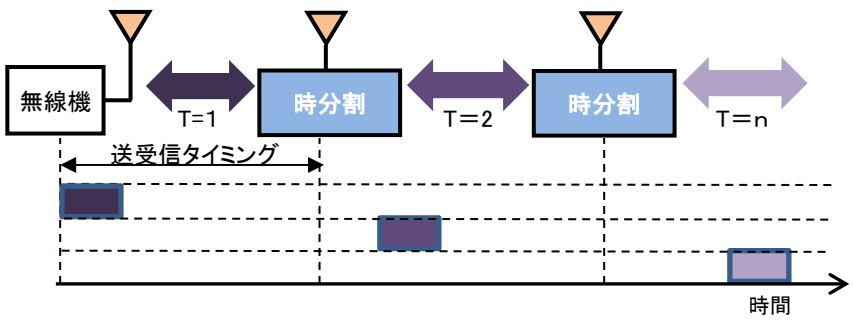
⇒ CDMAについては、他の3方式と親和性がなく、無線機を最初から設計するといった根本的な変更が必要になるため、多段中継伝送方式に係る中継方式としては、互いに親和性のあるFDMA・TDMA・OFDMAのアクセス方式を採用するのが適している

○ 中継方式の比較

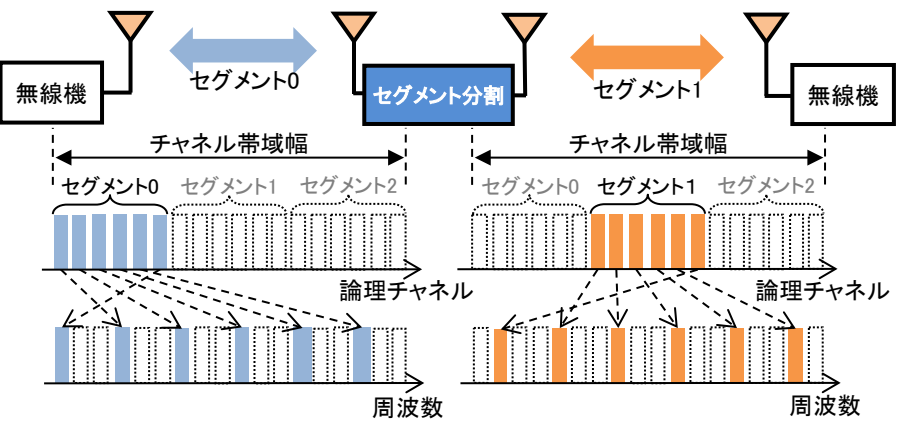
【FDMA】 周波数チャンネル分割制御方式



【TDMA】 蓄積型時分割制御方式



【OFDMA】 セグメント分割制御方式




#	比較項目	周波数分割	セグメント	時分割	備考
1	周波数オフセット耐性	○	△	○	セグメント分割制御方式は5ppmの周波数偏差において劣化(P.14参照)
2	周波数選択性 フェージング耐性	△	○	○	周波数チャンネル分割制御方式は、周波数帯幅が狭くなり、相対的に相関帯域幅が広がるため、耐性が落ちる
3	タイミングオフセット耐性	○	△	○	CP長が22.8 μ secを超えると劣化(P.13参照)
4	無線機間所要離隔	△	△	◎	周波数チャンネル分割制御方式は隣接チャンネルの影響(P.12参照)を、セグメント分割制御方式はタイミングオフセットの影響(P.13参照)を考慮する必要がある
5	多段中継数	○	○	◎	蓄積型時分割制御方式は原理的に無制限 他の方式は周波数の繰り返し利用が必要となるため、考慮が必要
6	500kbps以上の通信速度が可能な分割数	3	3	5※	変調方式はQPSKで比較(P.11参照) ※: 単位時間あたりの分割数
7	2分割時のスループット(kbps)	756	756	1386	変調方式はQPSK 1段中継で比較(P.27参照)
8	3分割時のスループット(kbps)	504	504	924	変調方式はQPSK 2段中継で比較(P.27参照)
9	伝送遅延(msec)	40	40	80	1段中継時

利用シーン・適応事例

- 周波数チャンネル分割制御方式・低遅延、高周波数オフセット耐性: 双方向映像伝送に適する
- セグメント分割制御方式.....低遅延、高フェージング耐性 : 双方向映像伝送に適する
- 蓄積型時分割制御方式.....高スループット、3段以上の中継 : 地下街等での通信に適する


蓄積型時分割制御の適応事例(2段中継)



本部



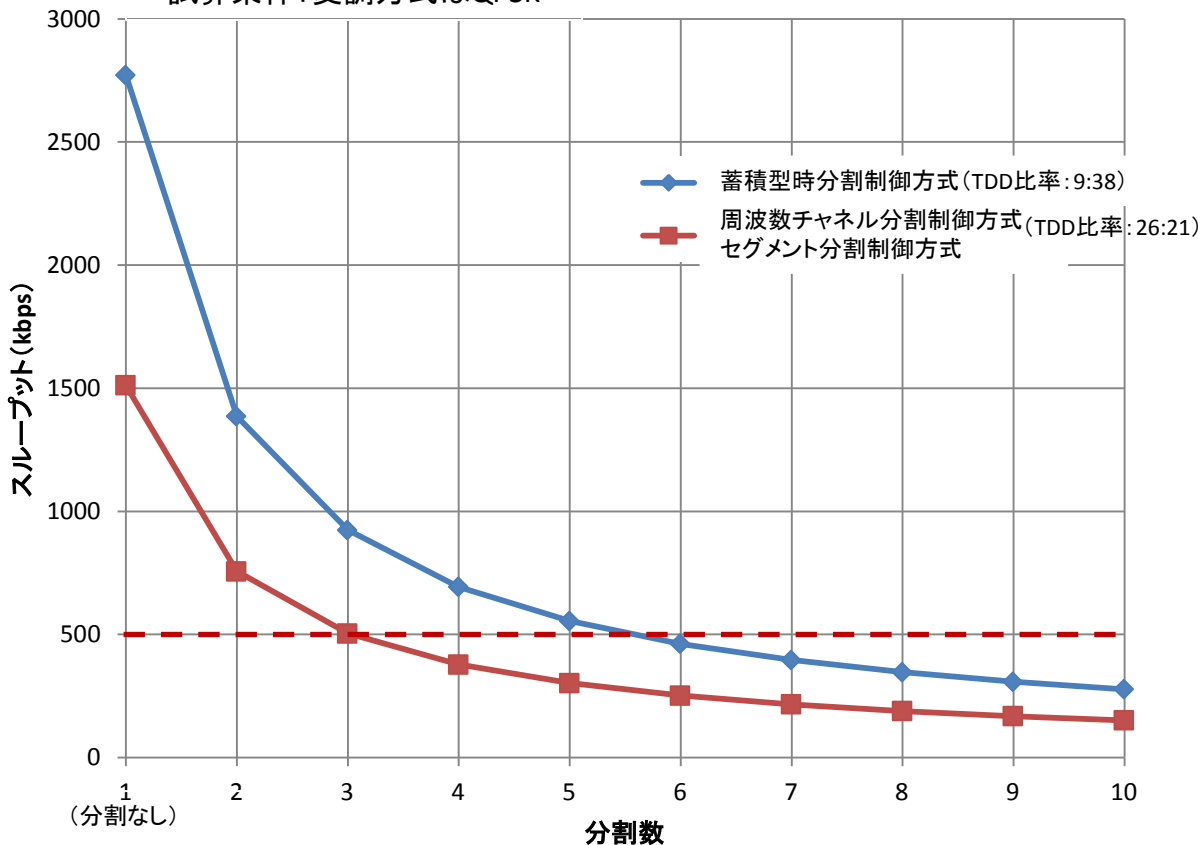
地下街



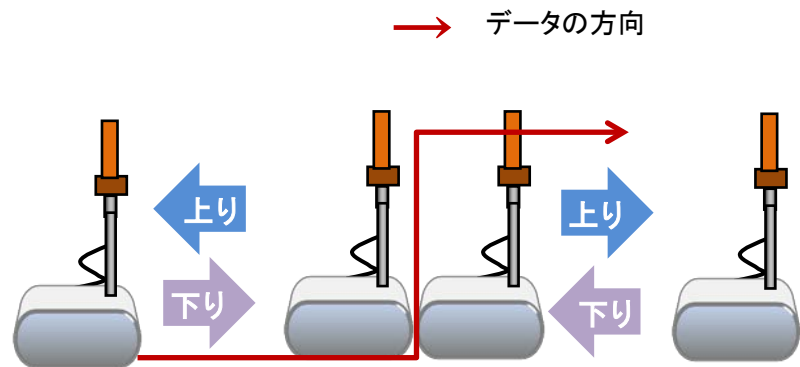
地下鉄コンコース

参考

試算条件: 変調方式はQPSK

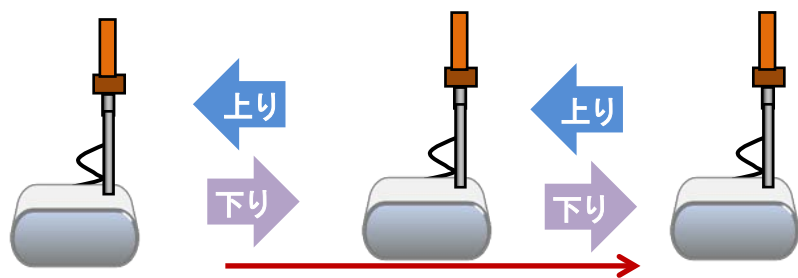


分割数に対するスループットの比較



【周波数チャネル分割制御方式・セグメント分割制御方式】

データを流す方向に、必ず“下り通信”と“上り通信”が交互に繰り返されるため、TDD比率は等分配(50%)が望ましい。
 → 最大でも、無線区間の総スループットの50%しか中継出来ない



【蓄積型時分割制御方式】

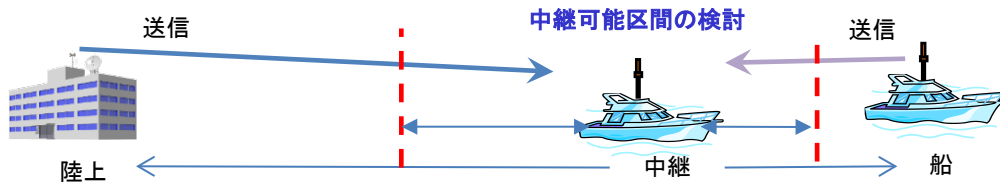
時分割で送信・受信を行うため、TDD比率を下り重視・上り重視等に非等配設定が可能である。(例: 9:38)

※TDD比率(下り:上り)は9:38、35:12、26:21の3通り

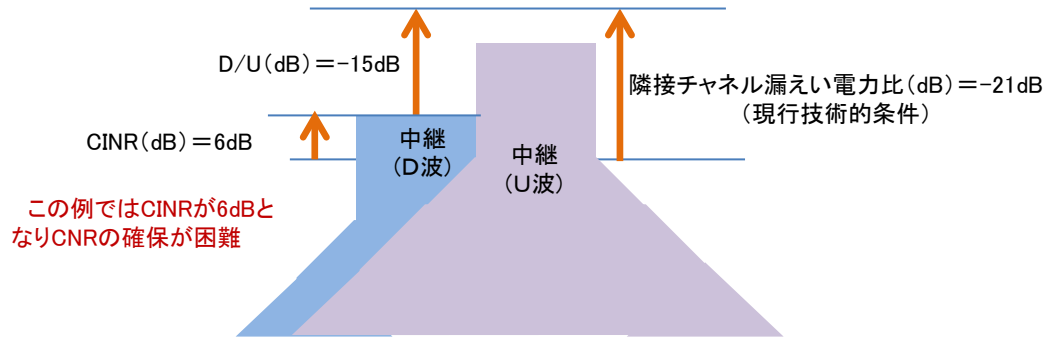
⇒ 伝送速度500kbpsを確保することを踏まえると、周波数チャネル分割制御、セグメント分割制御の分割数は最大3分割、蓄積型時分割制御の単位時間あたりの分割数は最大5分割とすることが適当

■①中継位置におけるD/U比と隣接チャネル漏えい電力に関する検討

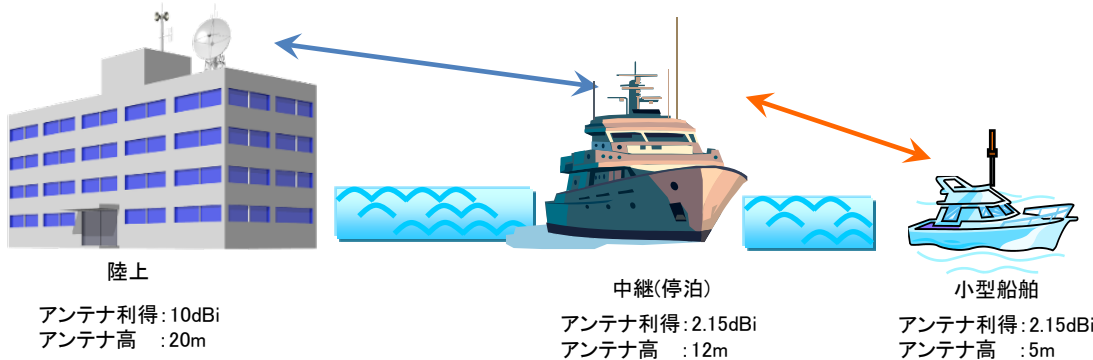
- ✓ 周波数チャネル分割制御方式においては、隣接チャネル漏えい電力比によるチャネル間の相互干渉が原理的に生じる。そのため、D/U値により、中継可能な中継位置が決まることから、中継可能な中継位置について考察することが必要。
- ✓ 中継時に無線局を2台使用して中継機能を実現するにあたっては、中継地点においては自身の希望波(D波)は他方の妨害波(U波)となることから、D/U比の影響(隣接チャネル漏えい電力に依存)について検討を実施。(D波、U波でモデル化が可能)



D/U比の影響概念図:D/U比は中継位置の距離差から生じる

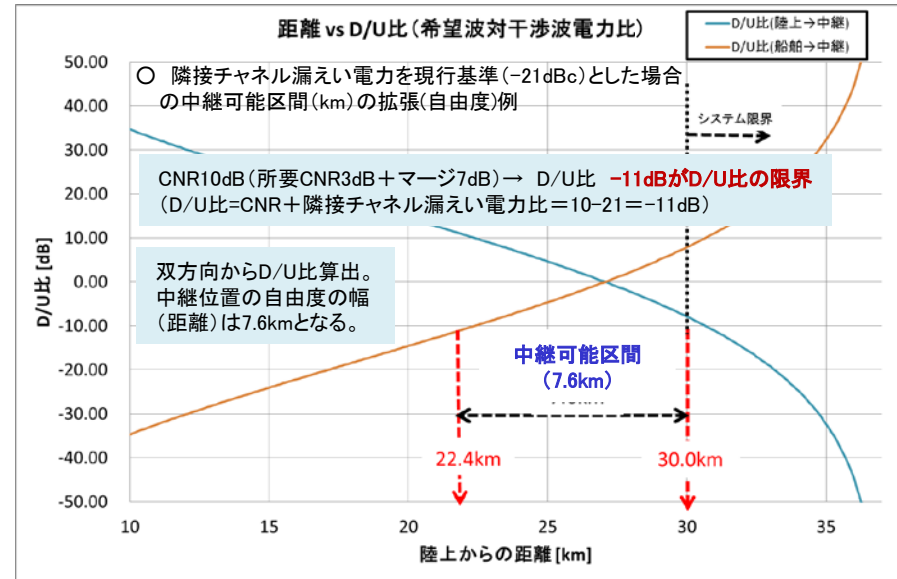


■②中継位置検討モデル(20海里:37km通信、非対称モデル)

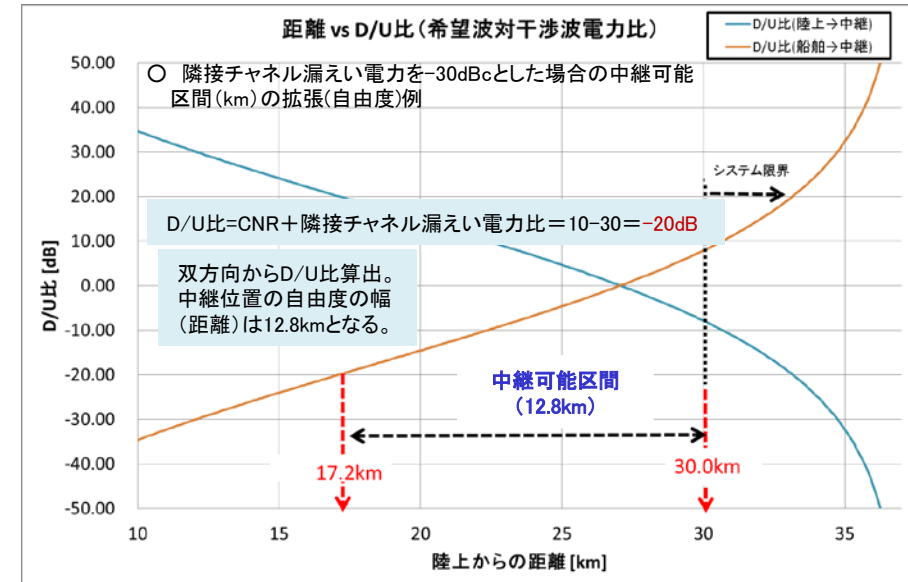


■③隣接チャネル漏えい電力の値と中継位置の検討

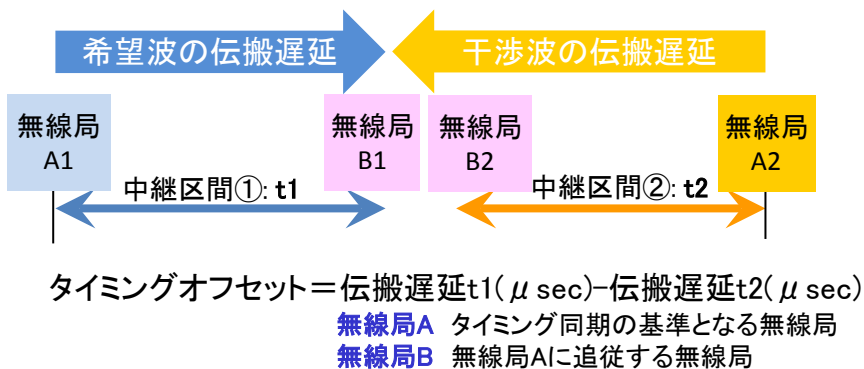
- ✓ D/U比を考慮した場合、現行の隣接チャネル漏えい電力においても中継が可能



- ✓ 隣接チャネル漏えい電力をさらに低減することで、中継可能区間を拡張することが可能

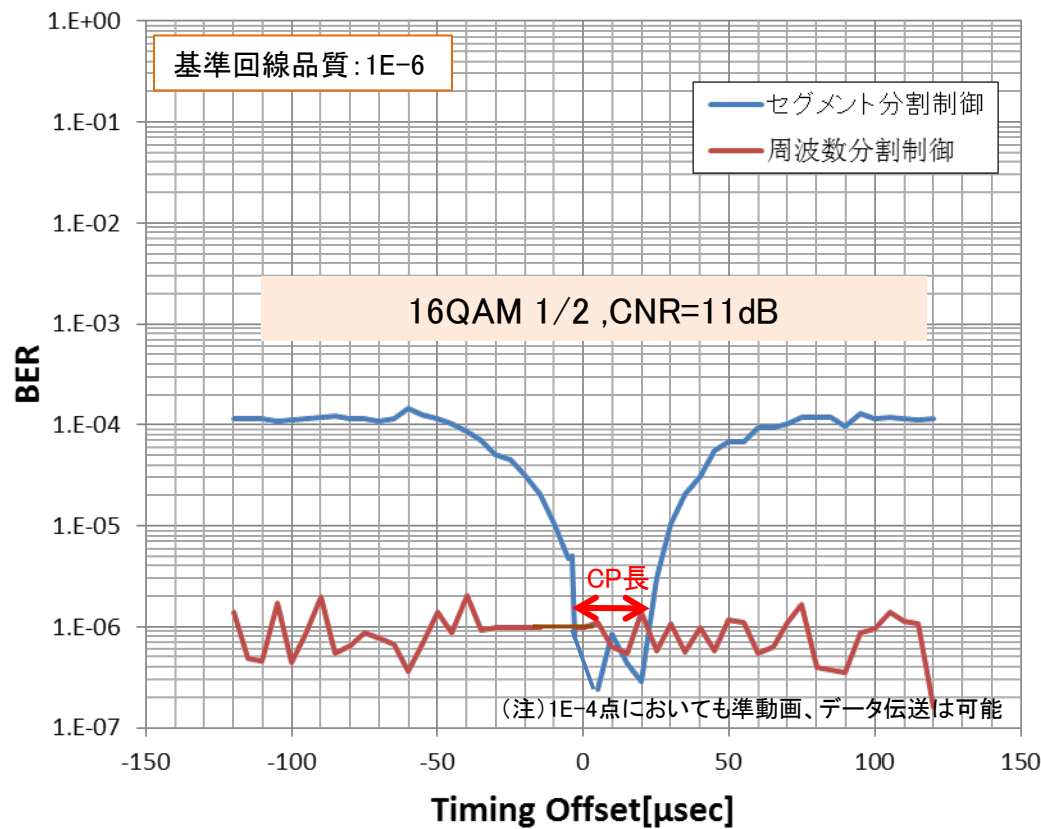


・タイミングオフセット-BERの検討モデル



- ・ セグメント分割制御方式ではシンボル間干渉が発生するため、タイミングオフセットがCP (Cyclic Prefix: 遅延波の遅延時間を考慮したガードインターバル) 長が (22.8μ sec: 中継区間①と②の距離差6.8kmに相当) を超えるとBERは劣化する傾向
- ・ 周波数分割制御方式では、使用する周波数が異なることから、 $\pm 100 \mu$ sec程度であれば、タイミングオフセットの影響はない
- ・ 蓄積型時分割制御方式では、同時に送信を行わないため、タイミングオフセットの影響はない

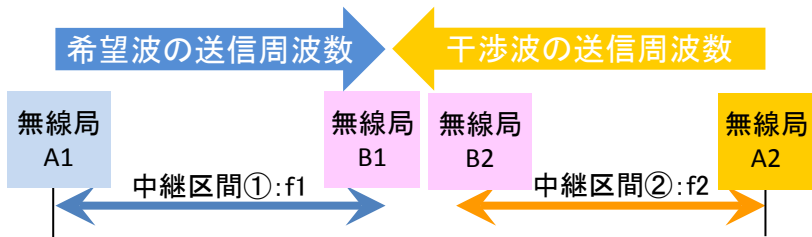
・タイミングオフセット-BER特性



(出典)「公共分野におけるブロードバンド移動通信システムの利用拡大のための技術的条件に関する調査検討」(平成26年度)

⇒ セグメント分割制御方式であっても、タイミング同期の基準となる無線局で中継する(無線局Bが無線局Aである)場合、タイミングオフセットの影響を受けない

・周波数オフセット-BERの検討モデル

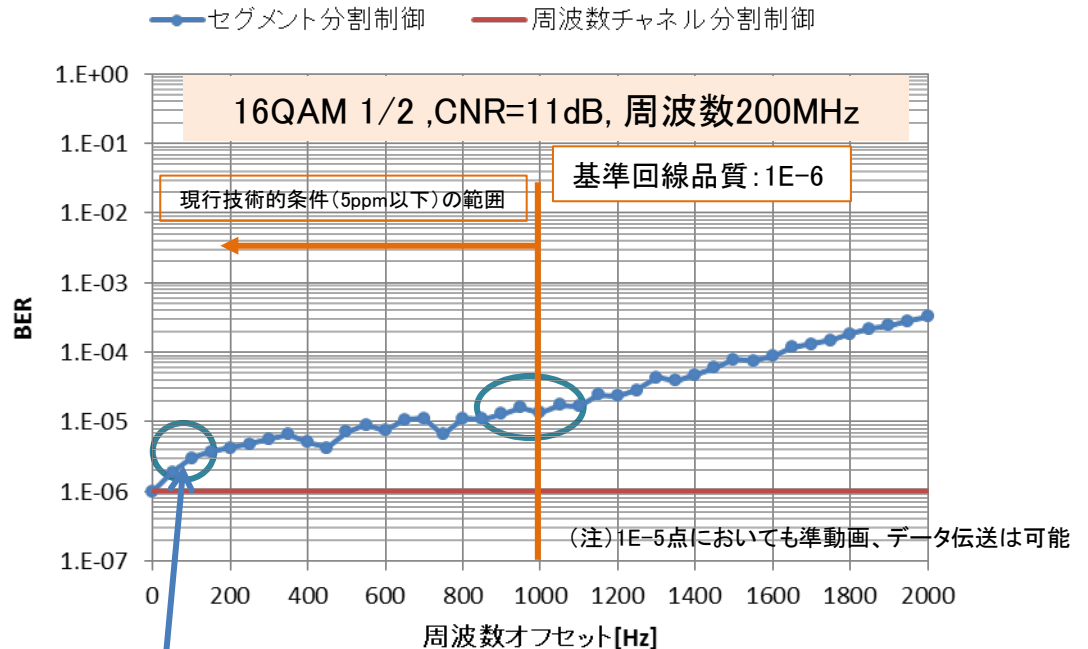


$$\text{周波数オフセット} = \text{ABS}(\text{周波数}f1(\text{Hz}) - \text{周波数}f2(\text{Hz}))$$

無線局A タイミング同期の基準となる無線局
無線局B 無線局Aに追従する無線局

- ・ セグメント分割制御方式では、周波数オフセットが増加するにつれて直交性が保てなくなり、BERが劣化
- ・ 周波数分割制御方式では、使用する周波数が異なることから、周波数オフセットの影響はない
- ・ 蓄積型時分割制御方式では、送信を同時に行わないため、周波数オフセットの影響はない

・周波数オフセット-BER特性



(出典)「公共分野におけるブロードバンド移動通信システムの利用拡大のための技術的条件に関する調査検討」(平成26年度)

無線局Bは無線局Aに制御されることにより周波数を追従した動作となるが、わずかな誤差がある場合に微小な劣化が生じる
周波数オフセット(追従誤差: 約100Hz程度: 0.5ppm)

⇒ タイミング同期の基準となる無線局間の相対的な周波数偏差を低く抑えることで、セグメント分割制御方式においても良好な回線品質を確保することが可能

○ 占有周波数帯幅

- 2. 4において検討したとおり、周波数チャンネル分割方式、セグメント分割方式については最大3分割、蓄積型時分割制御方式は、周波数を分割して伝送する方式ではないため、最大分割数を1として検討(以降も同様)
- 帯域幅については、分割数1の場合を基準として分割数で除することになることを踏まえ、下表のとおりとなる

1	項目	単位	パラメータ				
			1	2		3	
2	対象となる 多段中継伝送方式		蓄積型時分割 制御方式 (現行方式)	周波数チャンネル 分割制御方式	セグメント分割 制御方式	周波数チャンネル 分割制御方式	セグメント分割 制御方式
3	チャンネル帯域幅	MHz	5	2.5	5	1.66	5
4	サブキャリア間隔	kHz	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
5	サブキャリア数	本	840	420	420	280	280
6	必要な帯域幅	kHz	4594	2297	4594	1531	4594
7	占有周波数帯幅	MHz	4.9	2.45	4.9	1.63	4.9

○ 周波数の許容偏差

- 公共ブロードバンド移動通信システムで使用することのできる周波数のうち、最も高い中心周波数(200MHz)における周波数の許容偏差は現行基準(5ppm)に従うと1kHz
- 現行の技術基準で準用可能なものは可能な限り準用するという基本的考え方を踏まえ、周波数の許容偏差についても多段中継、単一回線に関わらず現行基準(5ppm)と同等とする

- ⇒ 多段中継伝送における占有周波数帯域幅は、分割数1の場合の帯域幅を分割数で除した値とすることが適当(周波数チャンネル分割方式に限る)
- ⇒ 周波数の許容偏差については、多段中継、単一回線に関わらず現行基準(5ppm)と同等とすることが適当

○ 空中線電力

- 多段中継伝送に係る空中線電力については、他システムへの影響を考慮し、現行の公共ブロードバンド移動通信システムと同じ基準で共用条件を満足することが必要である。
- 現行基準における陸上移動局の空中線電力(5W)を電力密度換算した場合、37dBm/5MHzとなる。このことを踏まえ、分割数2(チャンネル帯域幅:2.5MHz)の場合、及び分割数3(チャンネル帯域幅:1.66MHz)の場合の電力密度は下表のとおりとなる

項目	パラメータ		
	1	2	3
1 分割数	1	2	3
2 対象となる多段中継伝送方式	蓄積型時分割制御方式 (現行方式)	周波数チャンネル分割方式 セグメント分割制御方式	周波数チャンネル分割方式 セグメント分割制御方式
3 空中線電力	37dBm/5MHz 5W	34dBm/2.5MHz※ 2.5W	32dBm/1.66MHz※ 1.66W

※セグメント分割方式の空中線電力は、5MHzあたりの値となる

○ 不要発射の強度及びスプリアス発射

- 公共ブロードバンド移動通信システムの高度化の検討方針として、不要発射の強度の許容値を既存の公共ブロードバンド移動通信システムと同等とすることとしているため、不要発射の強度については、現行基準と同じとする
- スプリアス発射についても、不要発射の強度と同じ考え方で対応することが適当

- ⇒ 多段中継伝送の空中線電力については、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を扱うことが適当
- ⇒ 不要発射の強度及びスプリアス発射については、現行の技術的条件を満足するようにすることが適当

○ アンテナ利得

- 多段中継伝送に係るアンテナ利得については、他システムへの影響を考慮し、現行の公共ブロードバンド移動通信システムと同じ基準で共用条件を満足することが必要である。
- 現行基準におけるアンテナ利得(10dBi)の場合、共用条件を満足することが可能であるため、多段中継伝送においてもアンテナ利得については現行基準と同等とすることが適当

○ 隣接チャネル漏えい電力

- 多段中継伝送にかかる隣接チャネル漏えい電力については、中継を行う無線局の位置を考慮する際に必要となる
- スライド12で示したとおり、現行基準(-21dBc以下)の場合であっても、中継が可能な区間として約7.6km程確保できることから、技術的条件としては現行基準を維持することとし、運用者(免許人)のニーズに応じて隣接チャネル漏えい電力の値を設定することができるようにしておくことが適当
- なお、次隣接チャネル漏えい電力については、多段中継伝送においても現行基準(-41dBc以下)で十分であるため、この値についても現行基準と同じとすることが適当

⇒ アンテナ利得については、現行基準の10dBiを満足するようにすることが適当

⇒ 隣接(次隣接)チャネル漏えい電力については、現行基準を維持することが適当

○ 周波数チャネル分割制御方式の技術的条件は下表のとおり

(色掛けした箇所が、これまでの技術的条件から変更となる箇所)

項番	項目	単位	多段中継伝送		
			現行の技術的条件	分割数2	分割数3
1	チャネル帯域幅	MHz	5	2.5	1.66
2	占有周波数帯幅	MHz	4.9	2.45	1.63
3	空中線電力※1	W	5W 37dBm/5MHz	2.5W 34dBm/2.5MHz	1.66W 32dBm/1.66MHz
4	アンテナ利得※2	dBi	10	10	10
5	隣接チャネル漏えい電力	dBc	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)
6	周波数の許容偏差	ppm	5	5	5
7	スプリアス発射又は不要発射の強度	dBm/MHz	現行技術的条件のとおり	現行技術的条件のとおり	現行技術的条件のとおり

※1: 複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和

※2: 空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

○ セグメント分割制御方式の技術的条件は下表のとおり

(色掛けした箇所が、これまでの技術的条件から変更となる箇所)

項番	項目	単位	多段中継伝送		
			現行の技術的条件	分割数2	分割数3
1	チャンネル帯域幅	MHz	5	5	5
2	占有周波数帯幅	MHz	4.9	4.9	4.9
3	空中線電力※1	W	5W 37dBm/5MHz	2.5W 34dBm/5MHz	1.66W 32dBm/5MHz
4	アンテナ利得※2	dBi	10	10	10
5	隣接チャンネル漏えい電力	dBc	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)
6	周波数の許容偏差	ppm	5	5	5
7	スプリアス発射又は不要発射の強度	dBm/MHz	現行技術的条件のとおり	現行技術的条件のとおり	現行技術的条件のとおり

※1: 複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和

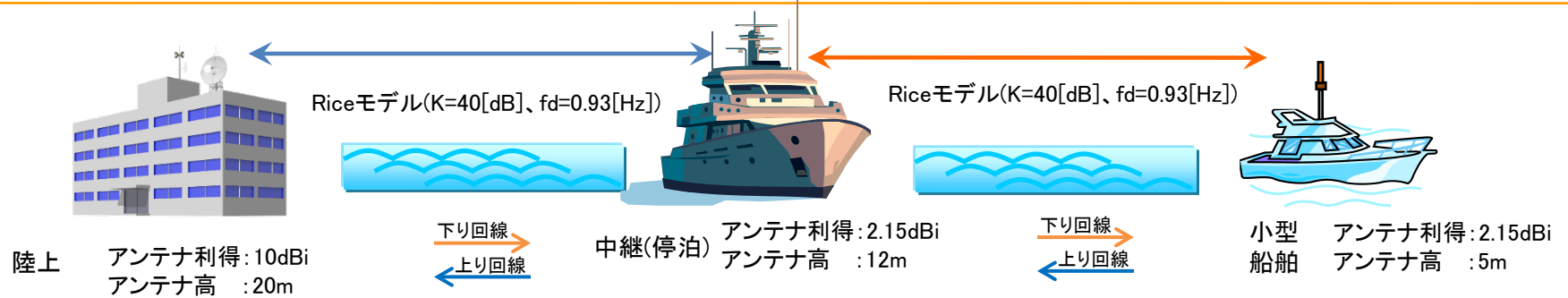
※2: 空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

○ 蓄積型時分割制御方式の技術的条件は下表のとおり

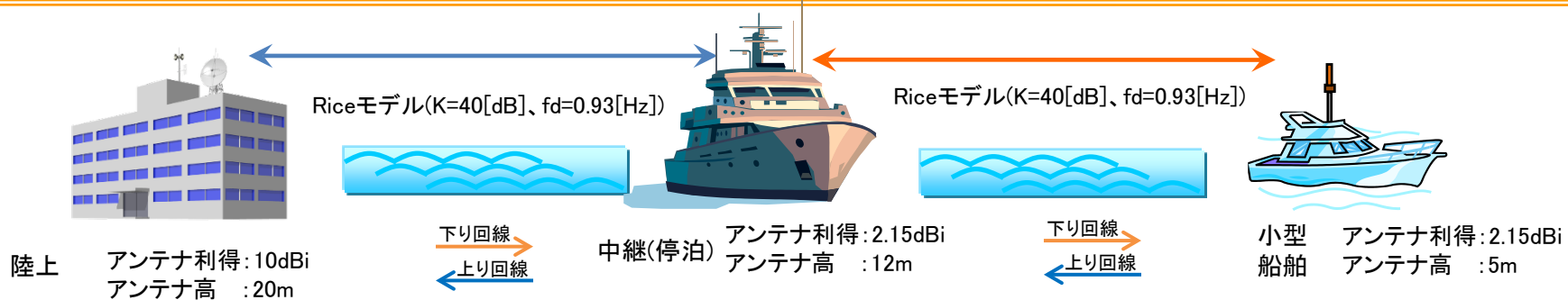
(色掛けした箇所が、これまでの技術的条件から変更となる箇所)

項番	項目	単位	多段中継伝送		
			現行の技術的条件	分割数2	分割数3
1	チャンネル帯域幅	MHz	5	5	5
2	占有周波数帯幅	MHz	4.9	4.9	4.9
3	空中線電力	W	5W 37dBm/5MHz	5W 37dBm/5MHz	5W 37dBm/5MHz
4	アンテナ利得※	dBi	10	10	10
5	隣接チャンネル漏えい電力	dBc	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)
6	周波数の許容偏差	ppm	5	5	5
7	スプリアス発射又は不要発射の強度	dBm/MHz	現行技術的条件のとおり	現行技術的条件のとおり	現行技術的条件のとおり

※ 空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

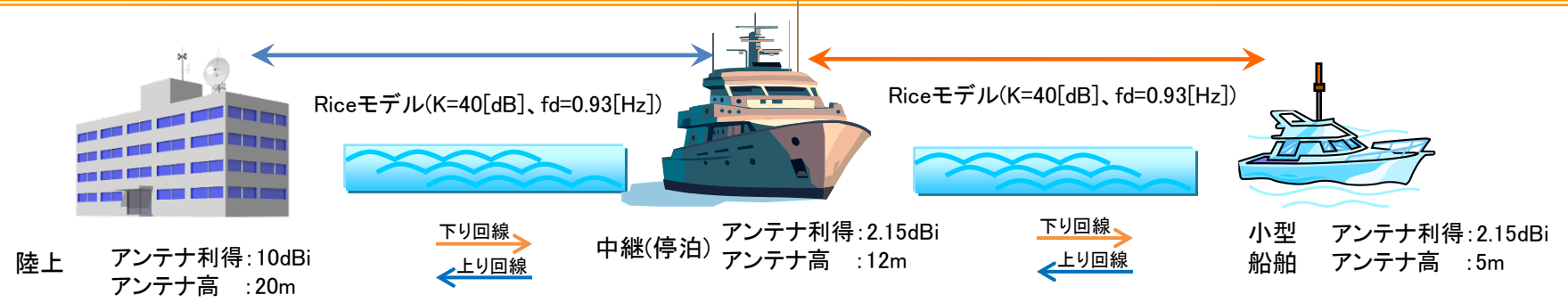


項番	項目	単位	海上多段中継モデル(大型船舶で中継): 周波数チャネル分割制御方式(1/2)			
			QPSK通信		16QAM通信	
			陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶	陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	16QAM(1/2)	16QAM(1/2)
3	最大送信電力	dBm	34	34	34	34
4	送信アンテナ利得	dB	10	2.15	10	2.15
5	受信アンテナ利得	dB	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	4	3	4	3
7	受信給電線損失	dB	3	2	3	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(海上)	dBm/5MHz	-102	-102	-102	-102
11	総雑音電力	dBm/2.5MHz	-102.9	-102.9	-102.9	-102.9
12	所要SNR	dB	3	3	8	8
13	所要受信電力	dBm	-99.9	-99.9	-94.9	-94.9
14	フェージングマージン	dB	5	7	5	7
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	3	3	3	3
16	送信アンテナ高	m	20	12	20	12
17	受信アンテナ高	m	12	5	12	5
18	その他損失(陸上側の樹木等の影響)	dB	5	0	5	0
19	伝送距離(2波モデル計算)	km	27.4	11.6	20.5	8.7
20	総合伝送距離	km	39.0		29.2	



項番	項目	単位	海上多段中継モデル(大型船舶で中継):セグメント分割制御方式(1/3)			
			QPSK通信		16QAM通信	
			陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶	陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	16QAM(1/2)	16QAM(1/2)
3	最大送信電力	dBm	32	32	32	32
4	送信アンテナ利得	dB	10	2.15	10	2.15
5	受信アンテナ利得	dB	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	4	3	4	3
7	受信給電線損失	dB	3	2	3	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(海上)	dBm/5MHz	-102	-102	-102	-102
11	総雑音電力	dBm/1.66MHz	-104.9	-104.9	-104.9	-104.9
12	所要SNR	dB	3	3	8	8
13	所要受信電力	dBm	-101.9	-101.9	-96.9	-96.9
14	フェージングマージン	dB	5	7	5	7
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	3	3	3	3
16	送信アンテナ高	m	20	12	20	12
17	受信アンテナ高	m	12	5	12	5
18	その他損失(陸上側の樹木等の影響)	dB	5	0	5	0
19	伝送距離(2波モデル計算)	km	27.4	11.6	20.5	8.7
20	総合伝送距離	km	39.0		29.2	

4. 2 検討結果(回線設計例(海上多段中継伝送:蓄積型時分割))



項番	項目	単位	海上多段中継モデル(大型船舶で中継):蓄積型時分割制御方式			
			QPSK通信		16QAM通信	
			陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶	陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	16QAM(1/2)	16QAM(1/2)
3	最大送信電力	dBm	37	37	37	37
4	送信アンテナ利得	dB	10	2.15	10	2.15
5	受信アンテナ利得	dB	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	4	3	4	3
7	受信給電線損失	dB	3	2	3	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(海上)	dBm/5MHz	-102	-102	-102	-102
11	総雑音電力	dBm/5MHz	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
12	所要SNR	dB	3	3	8	8
13	所要受信電力	dBm	-96.9	-96.9	-91.9	-91.9
14	フェージングマージン	dB	5	7	5	7
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	3	3	3	3
16	送信アンテナ高	m	20	12	20	12
17	受信アンテナ高	m	12	5	12	5
18	その他損失(陸上側の樹木等の影響)	dB	5	0	5	0
19	伝送距離(2波モデル計算)	km	27.4	11.6	20.5	8.7
20	総合伝送距離	km	39.0		29.2	

4. 2 検討結果(回線設計例(陸上多段中継伝送: 周波数分割(1/2)))



項番	項目	単位	陸上多段中継モデル:周波数チャネル分割制御方式(1/2)			
			アーバンエリア		ルーラルエリア	
			ビル→車両	車両→車両	ビル→車両	車両→車両
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)
3	最大送信電力	dBm	34	34	34	34
4	送信アンテナ利得	dBi	10	2.15	10	2.15
5	受信アンテナ利得	dBi	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	2	2	2	2
7	受信給電線損失	dB	2	2	2	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(陸上)	dBm/5MHz	-92	-92	-95	-95
11	総雑音電力	dBm/2.5MHz	-94.7	-94.7	-97.5	-97.5
12	所要SNR	dB	20	20	17	17
13	所要受信電力	dBm	-76.7	-76.7	-80.5	-80.5
14	フェージングマージン	dB	3	3	3	3
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	5	5	8	8
16	送信アンテナ高	m	40	2	40	2
17	受信アンテナ高	m	2	2	2	2
18	その他損失(樹木等の影響)	dB	0	0	5	5
19	伝送距離(拡張秦・2波モデル計算)	km	2.27	0.25	2.92	0.32
20	総合伝送距離	km	2.52		3.24	

4.2 検討結果(回線設計例(陸上多段中継伝送:セグメント分割(1/3)))



項番	項目	単位	陸上多段中継モデル:セグメント分割制御方式(1/3)			
			アーバンエリア		ルーラルエリア	
			ビル→車両	車両→車両	ビル→車両	車両→車両
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)
3	最大送信電力	dBm	32	32	32	32
4	送信アンテナ利得	dBi	10	2.15	10	2.15
5	受信アンテナ利得	dBi	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	2	2	2	2
7	受信給電線損失	dB	2	2	2	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(陸上)	dBm/5MHz	-92	-92	-95	-95
11	総雑音電力	dBm/1.66MHz	-96.5	-96.5	-99.3	-99.3
12	所要SNR	dB	20	20	14	14
13	所要受信電力	dBm	-78.5	-78.5	-87.3	-87.3
14	フェージングマージン	dB	3	3	3	3
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	5	5	10	10
16	送信アンテナ高	m	40	2	40	2
17	受信アンテナ高	m	2	2	2	2
18	その他損失(樹木等の影響)	dB	0	0	5	5
19	伝送距離(拡張秦・2波モデル計算)	km	2.27	0.25	4.08	0.45
20	総合伝送距離	km	2.52		4.53	

4.2 検討結果(回線設計例(陸上多段中継伝送:蓄積型時分割))



項番	項目	単位	陸上多段中継モデル:蓄積型時分割制御方式			
			アーバンエリア		ルーラルエリア	
			ビル→車両	車両→車両	ビル→車両	車両→車両
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)
3	最大送信電力	dBm	37	37	37	37
4	送信アンテナ利得	dBi	10	2.15	10	2.15
5	受信アンテナ利得	dBi	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	2	2	2	2
7	受信給電線損失	dB	2	2	2	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(陸上)	dBm/5MHz	-92	-92	-95	-95
11	総雑音電力	dBm/5MHz	-91.7	-91.7	-94.5	-94.5
12	所要SNR	dB	20	20	14	14
13	所要受信電力	dBm	-73.7	-73.7	-82.5	-82.5
14	フェージングマージン	dB	3	3	3	3
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	5	5	10	10
16	送信アンテナ高	m	40	2	40	2
17	受信アンテナ高	m	2	2	2	2
18	その他損失(樹木等の影響)	dB	0	0	5	5
19	伝送距離(拡張秦・2波モデル計算)	km	2.27	0.25	4.08	0.45
20	総合伝送距離	km	2.52		4.53	

○ 多段中継方式毎のスループット一覧表

■ TDD比率 9:38モード

DL /UL	Moduration	Coding rate	Packet length	Slots	Burst length	Radio rate [bps]
DL	QPSK	1/2	1418	90	90	72,000
	QPSK	1/2	1418	88	132	105,600
	QPSK	1/2	1418	90	270	216,000
	QPSK	1/2	1418	90	540	432,000
	QPSK	3/4	1418	90	810	648,000
	16-QAM	1/2	1418	90	1080	864,000
	16-QAM	3/4	1418	90	1620	1,296,000
	64-QAM	1/2	1418	90	1620	1,296,000
	64-QAM	2/3	1418	90	2160	1,728,000
	64-QAM	3/4	1418	90	2430	1,944,000
UL	QPSK	1/2	1418	384	384	307,200
	QPSK	1/2	1418	384	576	460,800
	QPSK	1/2	1418	384	1152	921,600
	QPSK	1/2	1418	385	2310	1,848,000
	QPSK	3/4	1418	385	3465	<u>2,772,000</u>
	16-QAM	1/2	1418	385	4620	3,696,000
	16-QAM	3/4	1418	385	6930	5,544,000
	64-QAM	1/2	1418	385	6930	5,544,000
	64-QAM	2/3	1418	385	9240	7,392,000
	64-QAM	3/4	1418	385	10395	8,316,000

ベーススループット

■ TDD比率 26:21モード

DL /UL	Moduration	Coding rate	Packet length	Slots	Burst length	Radio rate [bps]
DL	QPSK	1/2	1418	330	330	264,000
	QPSK	1/2	1418	328	492	393,600
	QPSK	1/2	1418	330	990	792,000
	QPSK	1/2	1418	330	1980	1,584,000
	QPSK	3/4	1418	330	2970	2,376,000
	16-QAM	1/2	1418	330	3960	3,168,000
	16-QAM	3/4	1418	330	5940	4,752,000
	64-QAM	1/2	1418	330	5940	4,752,000
	64-QAM	2/3	1418	330	7920	6,336,000
	64-QAM	3/4	1418	330	8910	7,128,000
UL	QPSK	1/2	1418	210	210	168,000
	QPSK	1/2	1418	208	312	249,600
	QPSK	1/2	1418	210	630	504,000
	QPSK	1/2	1418	210	1260	1,008,000
	QPSK	3/4	1418	210	1890	<u>1,512,000</u>
	16-QAM	1/2	1418	210	2520	2,016,000
	16-QAM	3/4	1418	210	3780	3,024,000
	64-QAM	1/2	1418	210	3780	3,024,000
	64-QAM	2/3	1418	210	5040	4,032,000
	64-QAM	3/4	1418	210	5670	4,536,000

ベーススループット

■ 最大分割数の算出

分割数	時分割型 TDD比率 9:38	周波数分割 セグメント型 TDD比率 26:21	備考
1	2772	1512	ベース
2	1386	756	
3	924	504	周波数・セグメント限界
4	693	378	
5	554	302	時分割限界
6	462	252	
7	396	216	
8	347	189	
9	308	168	
10	277	151	

