

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の
高度化に関する調査検討
報告書

平成 31 年 3 月

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の高度化に関する調査検討会

まえがき

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線は、基地病院との間において、医師たちの応急体制の準備や病院での処置体制を整える上で必要となる現場や傷病者の状況を逐一連絡するために使用されています。現在は、150MHz 帯アナログ（2周波単信方式）の1チャネルのみであり、傷病者のバイタルデータなども医師達の手を介した上で音声により送信しなければなりません。また、広域災害や事故等複数の事案が発生した場合、隣接する県のドクターヘリが出動するため、通信に混信が発生し、更に、高度上昇により混信が発生する範囲も急激に拡大します。このように、ドクターヘリと基地病院間で十分な情報共有が出来ないことがあることから、他に使用可能な周波数や情報共有手段の確保への要望が寄せられています。

これらの課題を解決するため、医療業務用無線を狭帯域・デジタル化することで、複数チャネルの利用による混信の軽減や、音声に加えてデータ伝送システムの導入が期待されます。このために必要な技術的条件等の検討を行い、電波の有効利用の促進に資することを目的として本調査検討会を進めて参りました。

本報告書は、これらの成果を取りまとめたものであり、今後はドクターヘリに搭載される医療業務用無線の高度化が進められ、現状の課題解決に貢献できることを期待しております。

終わりに、本調査検討会にご参加頂き熱心に議論して頂きました構成員各位、アンケート調査にご協力頂きました日本航空医療学会関係者の皆様に対し、心より感謝申し上げます。

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の
高度化に関する調査検討会
座長 岡田 啓

目次

第1章 現状と課題.....	1
1.1 ドクターヘリとは.....	2
1.2 ドクターヘリの導入状況.....	3
1.3 ドクターヘリの搬送件数.....	6
1.4 ドクターヘリに搭載される医療業務用無線.....	8
1.5 医療業務用無線の課題.....	9
1.6 医療業務用無線の高度化.....	9
第2章 アンケート調査.....	10
2.1 調査概要.....	10
2.2 調査項目.....	10
2.3 調査結果.....	12
2.3.1 医療業務用無線の使用状況.....	12
2.3.2 ドクターヘリの状況.....	15
2.3.3 無線局状況.....	15
2.3.4 問題点.....	17
2.4 まとめ.....	18
第3章 実証試験.....	19
3.1 試験装置の概要.....	19
3.2 机上検討.....	20
3.2.1 検討項目.....	20
3.2.2 機器構成.....	20
3.2.3 データ取得方法.....	22
3.2.4 飛行ルート.....	22
3.3 ラボ試験.....	22
3.3.1 試験概要.....	23
3.3.2 音声品質評価方法.....	23
3.3.3 電波伝搬特性.....	24
3.3.4 データ伝送特性.....	25
3.3.5 干渉特性（回線品質評価）.....	27
3.3.6 干渉特性（音声品質評価）.....	29
3.3.7 ラボ試験まとめ.....	34
3.4 フィールド試験.....	35
3.4.1 試験概要.....	35

3.4.2 電波伝搬試験	39
3.4.3 データ伝送試験	52
3.4.4 フィールド試験まとめ	55
3.5 通話可能エリアの検討	56
第4章 チャネルプラン及び移行計画	59
4.1 チャネルプランの検討	59
4.1.1 検討の方向性	59
4.1.2 必要チャネル数の検討	60
4.1.3 チャネルプラン	64
4.2 移行計画の検討	64
4.2.1 検討の方向性	64
4.2.2 広域災害時の対応	66
第5章 提言	67
5.1 技術的条件（案）	67
5.1.1 一般条件	67
5.1.2 送信設備	67
5.1.3 受信設備	68
5.2 今後の検討課題	70

第1章 現状と課題

ドクターヘリに搭載されている医療業務用無線は、150MHz 帯アナログの 2 周波単信方式による 1 チャンネルのみとなっており、特に広域災害が発生した場合、他の基地病院からの混信を受け、複数のチャンネルが必要となっている。また、刻一刻と変化する傷病者のバイタルデータなど情報収集・共有が必要となっている。

本検討会ではドクターヘリに搭載されている医療業務用無線の課題を解決するため、狭帯域のデジタル化やデータ伝送システムについて検証を行い、技術的条件等の検討を行い、電波の有効利用を促進することを目的とした。

検討の流れは図 1-1 のとおりである。

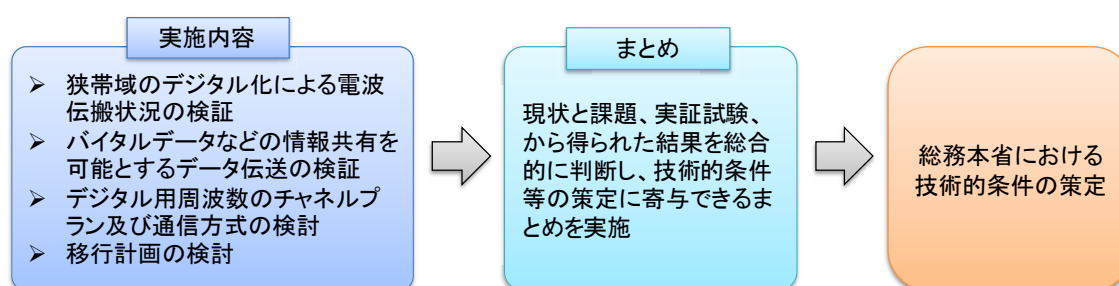


図 1-1 検討の流れ

1.1 ドクターヘリとは

「救急医療用ヘリコプターを用いた救急医療の確保に関する特別措置法」（平成 19 年法律第 103 号）第 2 条において、救急医療用ヘリコプターとは、①救急医療に必要な機器を装備し、及び医薬品を搭載しており、②救急医療に係る高度の医療を提供している病院の施設として、その敷地内その他の当該病院の医師が直ちに搭乗することのできる場所に配備されているヘリコプターのことを「ドクターヘリコプター」と定義している（以下、「ドクターヘリ」という。）。医師が救急医療用ヘリコプターに搭乗して速やかに傷病者の現在する場所に行き、当該救急医療用ヘリコプターに装備した機器又は搭載した医薬品を用いて当該傷病者に対し当該場所又は当該救急医療用ヘリコプターの機内において必要な治療を行いつつ、当該傷病者を速やかに医療機関その他の場所に搬送することのできる態勢を、地域の実情を踏まえつつ全国的に整備することを目標とするものとしている。

平成 11（1999）年 10 月から 13（2001）年 3 月にかけて、川崎医科大学附属病院高度救命救急センター（倉敷市）及び東海大学医学部附属病院救命救急センター（伊勢原市）においてドクターヘリの試行的事業が実施された。この事業における救急救命医療上の顕著な成果を受け、平成 13 年度からドクターヘリ導入促進事業が実施されている。これまでの主な取り組みを以下に列挙する¹。

1999 年 (平成 11 年)	ドクターヘリ試行的事業
2000 年 (平成 12 年)	ドクターヘリ試行的事業 厚生科学研究 医療技術評価総合研究「災害時における広域搬送のシステム作りに関する研究
2001 年 (平成 13 年)	ドクターヘリ導入促進事業 ドクターヘリ運航委託契約に係る運航会社の選定指針について（通知）
2003 年 (平成 15 年)	運航会社及び運航従事者の経験資格等の詳細ガイドライン（ドクターヘリ分科会）
2007 年 (平成 19 年)	救急医療用ヘリコプターを用いた救急医療の確保に関する特別措置法
2008 年 (平成 20 年)	救急医療用ヘリコプターを用いた救急医療の確保に関する特別措置法に規定する助成金交付事業に係る登録に関する省令 救急医療用ヘリコプターの導入促進に係る諸課題に関する検討会
2013 年 (平成 25 年)	救急医療体制等のあり方に関する検討会 航空法施行規則第 176 条の改正に伴うドクターヘリの運航について
2016 年 (平成 28 年)	大規模災害時におけるドクターヘリの運用体制構築に係る指針について

¹ 厚生労働省 第 8 回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会 資料 2

1.2 ドクターヘリの導入状況

2018 年 9 月現在、全国 43 道府県に 53 機のドクターヘリが配備されている。図 1-2 に全国の基地病院配置状況を示し、表 1-1 に各道府県の拠点病院を示す²。また、図 1-3³のように、多くの地域・府県の間で相互応援（ドクターヘリを導入している府県間の応援協定）の取り組みが進められている。



地理院地図（電子国土 web）<https://maps.gsi.go.jp/>を加工して使用

図 1-2 基地病院配置状況

² 「認定 NPO 法人救急ヘリ病院ネットワーク」<http://www.hemnet.jp/where/>

³ 厚生労働省 第 1 回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会 参考資料 1

表 1-1 各道府県における拠点病院

都道府県	拠 点 病 院	運航開始
北海道	医療法人溪仁会 手稲溪仁会病院	2005 年 4 月
	旭川赤十字病院	2009 年 10 月
	市立釧路総合病院 ・ 釧路孝仁会記念病院	2009 年 10 月
	市立函館病院	2015 年 2 月
青森	八戸市立市民病院	2009 年 3 月
	青森県立中央病院	2012 年 10 月
秋田	秋田赤十字病院	2012 年 1 月
岩手	岩手医科大学附属病院	2012 年 5 月
山形	山形県立中央病院	2012 年 11 月
宮城	仙台医療センター ・ 東北大学病院	2016 年 10 月
福島	公立大学法人 福島県立医科大学附属病院	2008 年 1 月
新潟	新潟大学医歯学総合病院	2012 年 10 月
	長岡赤十字病院	2017 年 3 月
富山	富山県立中央病院	2015 年 8 月
石川	石川県立中央病院	2018 年 9 月
栃木	獨協医科大学病院	2010 年 1 月
群馬	前橋赤十字病院	2009 年 2 月
茨城	水戸済生会総合病院 ・ 国立病院機構 水戸医療センター	2010 年 7 月
埼玉	埼玉医科大学総合医療センター	2007 年 10 月
千葉	日本医科大学千葉北総病院	2001 年 10 月
	君津中央病院	2009 年 1 月
神奈川	東海大学医学部付属病院	2002 年 7 月
山梨	山梨県立中央病院	2012 年 4 月
静岡	聖隷三方原病院	2001 年 10 月
	順天堂大学医学部附属静岡病院	2004 年 3 月
長野	長野県厚生農業協同組合連合会 佐久総合病院	2005 年 7 月
	信州大学医学部附属病院	2011 年 10 月
岐阜	岐阜大学医学部附属病院	2011 年 2 月
愛知	愛知医科大学病院	2002 年 1 月
滋賀	済生会滋賀県病院	2015 年 4 月
大阪	国立大学法人 大阪大学医学部附属病院	2008 年 1 月
奈良	奈良県立医科大学附属病院 ・ 南奈良総合医療センター	2017 年 3 月

三重	三重大学医学部附属病院 ・ 伊勢赤十字病院	2012 年 2 月
和歌山	和歌山県立医科大学附属病院	2003 年 1 月
兵庫	公立豊岡病院組合立豊岡病院	2010 年 4 月
	兵庫県立加古川医療センター	2013 年 11 月
鳥取	鳥取大学医学部附属病院	2018 年 3 月
島根	島根県立中央病院	2011 年 6 月
岡山	川崎医科大学附属病院	2001 年 4 月
広島	広島大学病院・県立広島病院	2013 年 5 月
山口	山口大学医学部附属病院	2011 年 1 月
徳島	徳島県立中央病院	2012 年 10 月
高知	高知県・高知市病院企業団立 高知医療センター	2011 年 3 月
愛媛	愛媛県立中央病院・愛媛大学医学部附属病院	2017 年 2 月
福岡	久留米大学病院	2002 年 2 月
大分	大分大学医学部附属病院	2012 年 10 月
佐賀	佐賀大学医学部附属病院	2014 年 1 月
長崎	国立病院機構長崎医療センター	2006 年 6 月
熊本	熊本赤十字病院	2012 年 1 月
宮崎	宮崎大学医学部附属病院	2012 年 4 月
鹿児島	鹿児島市立病院	2011 年 12 月
	鹿児島県立大島病院	2016 年 12 月
沖縄	浦添総合病院	2008 年 12 月

○平成29年度相互応援

19地域、28府県

- ・ 青森－岩手－秋田
- ・ 岩手－宮城
- ・ 宮城－山形
- ・ 宮城－福島
- ・ 秋田－山形
- ・ 山形－福島－新潟
- ・ 福島－茨城
- ・ 茨城－栃木－群馬
- ・ 埼玉－群馬
- ・ 神奈川－静岡－山梨
- ・ 富山－岐阜
- ・ 三重－和歌山
- ・ 三重－奈良
- ・ 大阪－和歌山－徳島
- ・ 大阪－奈良
- ・ 奈良－和歌山
- ・ 岡山－島根－山口－広島
- ・ 徳島－高知
- ・ 福岡－佐賀

図 1-3 相互応援の状況（平成 29 年度）

1.3 ドクターヘリの搬送件数

ドクターヘリの運航は図 1-4 のように消防機関との密な連携を基本とし、救急現場への医師派遣や現場からの患者搬送を担っており、事故あるいは急病や災害等の発生時に消防機関、医療機関等からの要請に対して医師や看護師がヘリコプターに搭乗して速やかに救急現場等に出動する。ドクターヘリは患者搬送時間の短縮だけでなく、救急医療に精通した医師が救急現場等において直ちに救命医療を開始し、救急医療機関に到着するまでの間、必要な医療を連続して行うことで、救命率向上や後遺症軽減に顕著な実績を挙げている。

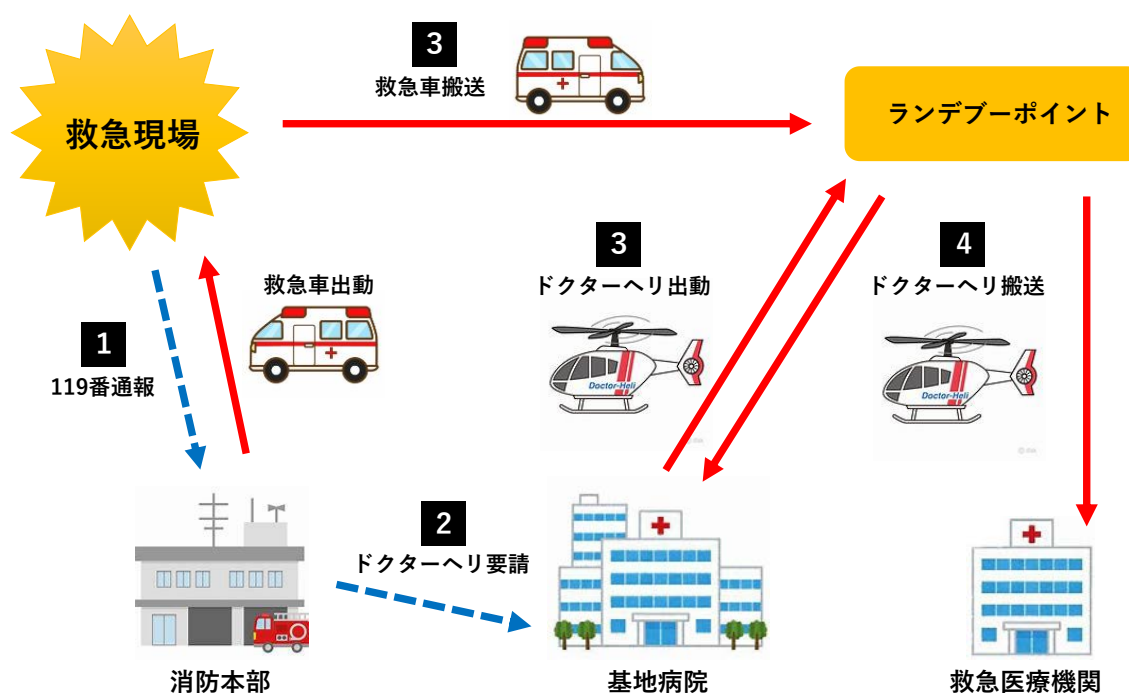


図 1-4 ドクターヘリの出動の流れ

導入促進事業が奏功し、ドクターヘリの導入が着実に進んでいる。また、ドクターヘリの導入数に伴って年間搬送件数も伸びている。図 1-5⁴にドクターヘリ導入機及び年間搬送件数の推移を示す。

⁴ 厚生労働省 第8回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会 資料2

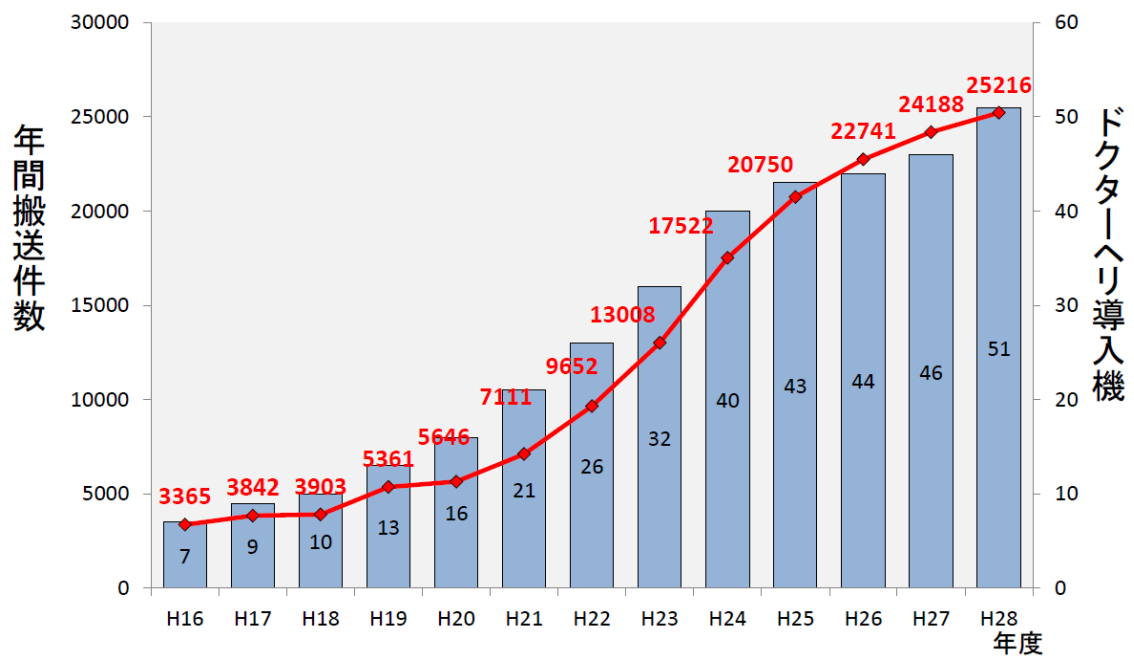


図 1-5 ドクターヘリ搬送件数の推移

1.4 ドクターヘリに搭載される医療業務用無線

ドクターヘリで使用される無線でドクターヘリと救命救急センター等医療機関との間の通信には、医療業務用無線が用いられる。表 1-2 に医療業務用無線に係る電波法関係審査基準の概要を示し、表 1-3 に割当周波数等を示す。

表 1-2 電波法関係審査基準

項目	内容
無線局の種別	医療業務を行う無線局は、陸上移動業務の無線局であること。ただし、医療業務用ヘリコプターに搭載する無線局及びその通信の相手方の無線局は、携帯移動業務の無線局であること。
通信事項	医療業務に関する事項であること。
移動範囲	移動する無線局の移動範囲は、当該無線局の目的を達成するために必要な区域であること。ただし、医療業務用ヘリコプターに搭載する無線局の場合は、全国及びその上空であること。
通信方式	単向通信方式（携帯移動業務の無線局を除く。）、単信方式、半複信方式又は複信方式のいずれかであること。
通信の相手方	・陸上移動業務の無線局 - A 基地局は、免許人所属の陸上移動局であること。 - B 陸上移動局は、免許人所属の基地局及び陸上移動局であること。 ・携帯移動業務の無線局 - A 携帯基地局は、免許人所属の携帯局及び他都道府県所属の携帯局であること。 - B 携帯局は、免許人所属の携帯基地局及び携帯局並びに他都道府県所属の携帯基地局及び携帯局であること。

表 1-3 割当周波数等

項目	ドクターヘリ	基地病院
周波数	143.66MHz	147.66MHz
電波の型式	F2D,F3E	F2D,F3E
占有周波数帯幅の許容値	16kHz	16kHz
最大空中線電力	50W*	50W
使用区域	全国及び日本周辺海域並び にそれらの上空	全国

*携帯局（上空を移動する場合）における空中線電力は1W以下に限る

1.5 医療業務用無線の課題

ドクターヘリの配備は各都道府県において検討されており、その飛行範囲は様々である。飛行場所の地理的状况により、電波の届かない場所が多いこともある。また、広域災害や事故等複数の事案が発生した場合には、隣接する道府県のドクターヘリが出動するため、通信に混信が発生し、情報が混乱することがある。現在は、音声中心のアナログ方式のため、伝達情報が限られており、秘匿性の課題もある。

現在の医療業務用無線の課題を以下に示す。

- ・1チャンネルしかないため、混信する。
- ・出動範囲が広く、不感地帯が多い。
- ・音声による医療情報の伝達に限界がある。
- ・2周波単信のため、ドクターヘリ同士の情報共有が出来ない。
- ・基地病院以外に搬送する場合、医療業務用無線が使用出来ない。

1.6 医療業務用無線の高度化

多くの無線システムのデジタル化が進む中、アナログ無線機器は部品が枯渇してきており、新規購入や修理等が難しくなっているほか、スプリアス基準が改正されたため、新スプリアス基準に対応した無線機器への更新等も求められている。また、電波の有効利用により、業務用無線は狭帯域・デジタル化が進んでいる。

狭帯域・デジタル化は、狭帯域化による周波数資源の有効利用という利点のほかに、下記のようなユーザメリットが考えられる。

- ・チャンネル数増加による混信の低減
- ・ノイズの少ないクリアーな音質
- ・各種データ通信機能
- ・デジタルデータを利用した機能
- ・暗号化通信機能

第2章 アンケート調査

現在使用されている医療業務用無線についての現状と課題を明らかにし、デジタル化に求められるニーズを把握するためにアンケート調査を実施した。なお、アンケート調査結果の一部は、ヘリコプターによる実証試験において、飛行ルートや高度等の測定内容を決めるうえでの参考とした。

2.1 調査概要

アンケートは、2018年9月19日～2018年10月9日（用紙配布から回収まで）の期間で実施した。

調査は、調査検討会構成員並びに日本航空医療学会事務局を通じて基地病院及び全日本航空事業連合会ドクターヘリ分科会に依頼した。調査対象は、医療従事者、ドクターヘリ運航会社及び無線機器メーカーである。ドクターヘリ運航会社においては、運航する基地病院毎に回答している。

回答数は67件であった。表 2-1 に回答の内訳を示し、図 2-1 に回答者の割合を示す。

表 2-1 回答の内訳

対象	件数
医療従事者	21
ドクターヘリ運航会社	42
無線機器メーカー	4

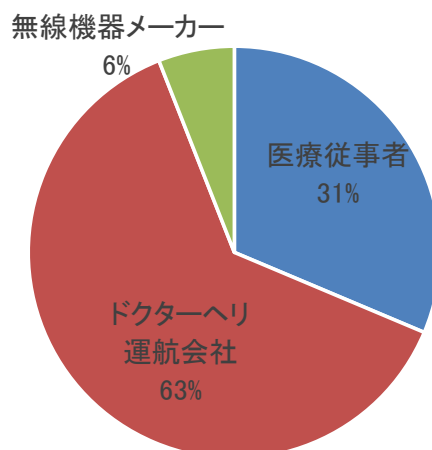


図 2-1 回答者の割合

2.2 調査項目

表 2-2 にアンケート調査項目の概要を示す。

表 2-2 調査項目の概要

調査対象	設問	調査項目
医療従事者	1	所属の基地病院の名称について
	2	1 回の出動で基地病院と音声通話する時間(累計)の概算値について
	3	1 回の出動で基地病院との通信に利用する手段とその利用方法の割合について
	4	医療業務用無線で明瞭な音声通信が出来ないことの有無について
	5	医療業務用無線で明瞭な音声通信が出来ない場所等について
	6	無線機を通じて共有する情報について
	7	音声よりデータで送受信したい情報について
	8	無線機に接続してデータを送信したい医療機器について
	9	医療機器のデータ伝送速度について
	10	音声通信中の混信により情報が共有しにくいことの有無について
	11	混信を感じる場面について
	12	医療業務用無線の問題点について
	13	その他意見について
ドクターヘリ 運航会社	1	利用の基地病院名について
	2	基地病院側の医療業務用無線機の諸元について
	3	ドクターヘリ側の医療業務用無線機の諸元について
	4	昨年度における出動形態の回数について
	5	昨年度における出動先の回数（県内、県外）について
	6	これまでの県外への出動回数（県別）について
	7	着陸場所について
	8	ドクターヘリの飛行高度について
	9	ドクターヘリの飛行距離について
	10	ドクターヘリの移動速度について
	11	ドクターヘリの飛行時間について
	12	ドクターヘリに積載できる医療業務用無線機一式の質量および大きさについて
	13	ドクターヘリに積載の医療業務用無線機に供給可能な最大電力について
	14	設備更新する場合に必要な手順とその手続きや作業に必要な期間について
	15	手続きおよび作業にかかる費用
	16	医療業務用無線機の新スプリアス規格対応について

	17	移動時に医療業務用無線で明瞭な音声通信が出来ないことの有無について
	18	明瞭な音声通信が出来ないことがある場合の距離、場所等について
	19	音声通信中の混信について
	20	混信の発生場面について
	21	医療業務用無線の問題点について
	22	その他意見について
無線機器メーカー	1	ドクターヘリに搭載される医療業務用無線機の性能、価格等について
	2	基地病院に設置される医療業務用無線機の性能、価格等について
	3	医療業務用無線機の狭帯域デジタル化の製品化までにかかる時間について
	4	その他意見について

2.3 調査結果

2.3.1 医療業務用無線の使用状況

(1) 音声通話の時間（医療従事者：設問 2）

図 2-2 に 1 回の出動における医療従事者の音声通話の時間について示す。それぞれ、(a)基地病院から現場、(b)現場対応時、(c)現場から搬送先までの場面における通話時間を示している。

いずれの場面においても、2 分未満が全体の過半数を占めている。各場面における音声通話時間の平均値は、それぞれ 1 分、2 分、1 分であった。

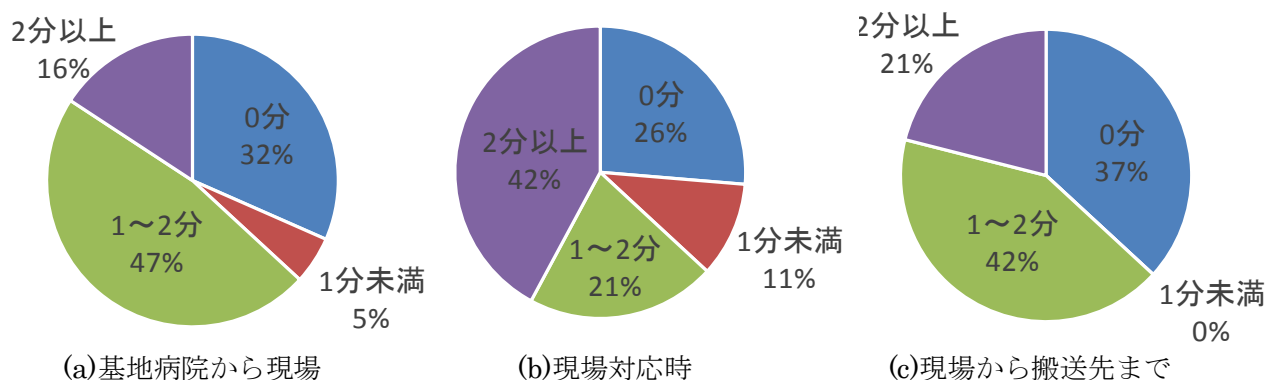


図 2-2 音声通話の時間

(2) 通信手段（医療従事者：設問 3）

図 2-3, 図 2-4 に 1 回の出動における医療従事者の通信手段について示す。図 2-3 は各通信手段の使用率であり、図 2-4 は各通信手段の使用時間率である。

医療業務用無線において、使用率は 37% あるが、使用時間率は 18% となっている。現

場では電波が届かずに使用出来ないか、基地病院以外の搬送先病院との連絡は他の連絡手段を使用するために医療業務用無線の使用時間率が低下していると考えられる。

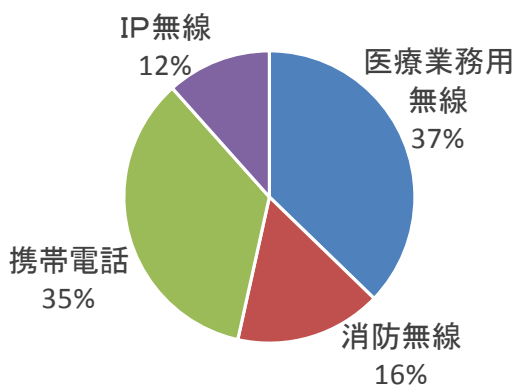


図 2-3 使用率

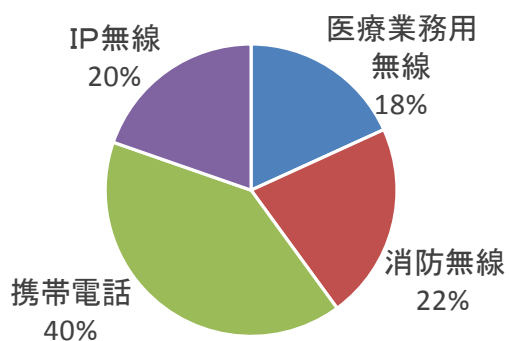


図 2-4 使用時間率

(3) 共有情報（医療従事者：設問 6,7）

図 2-5 にドクターヘリ内の医療従事者と基地病院間で共有する情報について示す。現在、音声により共有している情報は準備指示や到着後の処置内容まで様々であるが、患者情報とバイタルで全体の 57%を占めている。

図 2-6 にデータで伝送したい情報について示す。同図(a)では音声よりもデータで伝送したい情報があるという回答が 60%を超えており、同図(b)ではその伝送したい情報の 50%は画像である。

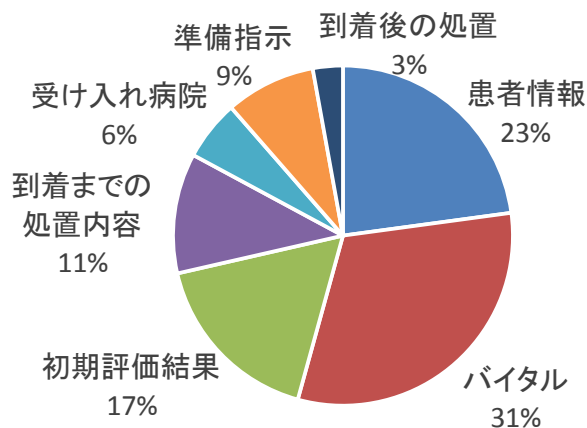


図 2-5 共有する情報

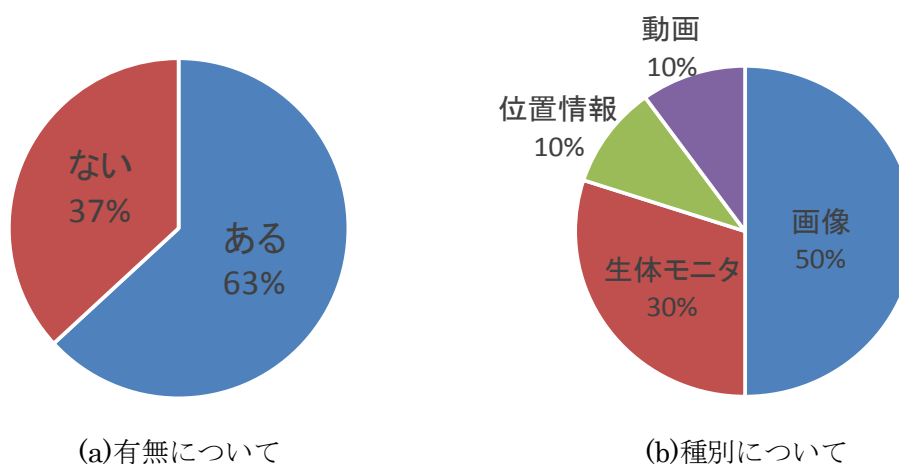
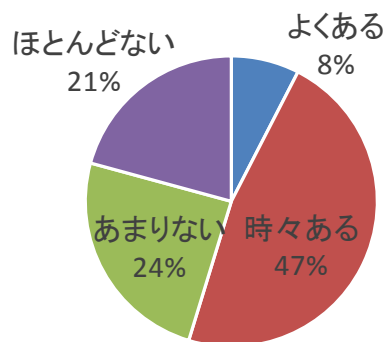


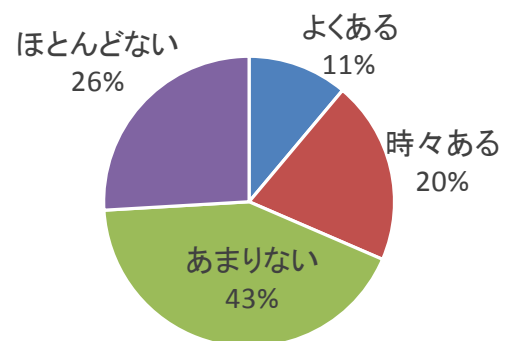
図 2-6 データで伝送したい情報

(4) 通信状況（医療従事者：設問 4,10 及びドクターヘリ運行会社：設問 17,19）

図 2-7 に医療業務用無線の通信状況について示す。同図 (a) では、医療従事者及びドクターヘリ運行会社の回答で、明瞭な音声通信ができないことが「よくある」「時々ある」は合わせて 63%を占めている。場所は基地病院からの 30km～50km 以上の場所や山間部という意見が多数であった。同図(b)では、音声通信中に混信することが「よくある」「時々ある」は合わせて 31%であった。混信する場面は、近隣県を飛行した時や近隣のドクターヘリが出動している時という意見が多数であった。一方で広域災害時は、通信タイミングを考慮しているため混信はないという意見があった。



(a) 明瞭な通信ができない



(b) 混信の状況

図 2-7 通信状況

2.3.2 ドクターヘリの状況

(1) 運航状況（ドクターヘリ運行会社：設問 4,5,6,8,9,10,11）

表 2-3 にドクターヘリの運航状況について示す。同表から具体的な運航状況を把握できる。本結果を参考に、実証試験におけるヘリコプターの飛行高度や速度など、試験パラメータを決定する。

表 2-3 運航状況

項目		最小	平均	最大
年間回数 [回]	現場出動	120	447	2081
	病院間搬送	25	95	326
出動先 [件]	県内	73	521	1718
	県外	0	41	448
飛行高度 [m]	平均	300	405	1000
	最大	400	1096	3600
飛行距離 [km]	平均	10	37	120
	最大	46	115	270
移動速度 [km/h]	平均	185	207	237
	最大	220	233	266
飛行時間 [分]	平均	5	15	36
	最大	20	42	88

2.3.3 無線局状況

(1) 無線局諸元（ドクターヘリ運行会社：設問 2,3）

表 2-4 に代表的な医療業務用無線局の諸元を示す。各内容はアンケートの回答において主となるものをまとめたものである。

表 2-4 無線局諸元

項目	基地病院	ドクターヘリ
空中線電力	10W	1W
空中線種別	ブラウン	ホイップ
空中線利得	2.15dBi	2.14dBi
挿入損失	3dB	1dB

(2) 無線機諸元等（無線機器メーカー：設問 1,2,3）

表 2-5 に各無線機の諸元を示す。各内容は、アンケートに回答のあった 2 機種についてまとめたものである。

また、医療業務用無線機の狭帯域デジタル化の製品化までにかかる時間は、1 年以下という回答であった。但し、狭帯域デジタル化は 150MHz または 260MHz 帯 4 値 FSK 方式の場合である。

表 2-5 無線機諸元

項目	基地病院	ドクターヘリ
受信感度	3dB μ W 以下	6dB μ W 以下
消費電力	3.5～5A 以下／ DC13.8V 入力	1.5A～3A 以下／ DC13.8V 入力
更新推奨年数	10 年	10 年

(3) 設備更新（ドクターヘリ運行会社：設問 14,15）

表 2-6 に代表的な設備更新手続きと期間について示す。各期間を積算すると、無線機に関する作業に 4.5 か月かかり、ヘリコプターに搭載するための作業に 8 か月かかる。また、各手続きにかかる費用の合計は数千万円以上となるという回答があった。

表 2-6 設備更新手続き

対象	手続き	期間
無線機	無線機購入手続き	3 か月
	無線機設定	2 週間
	総務省への無線局免許申請	1 か月
ヘリコプター	修理改造の検討、設計	2 か月
	部品調達	3 か月
	機体へ搭載するための修理改造作業	3 か月
	国交省航空局の修理改造検査	2 日間

2.3.4 問題点

(医療従事者：設問 12 及びドクターヘリ運行会社：設問 21)

表 2-7 に医療業務用無線の問題点についての意見を示す。

表 2-7 問題点

項目	問題点
不感地	・ 山間部等で無線が使えない。 ・ 範囲が広く、多くの地域で通信困難となる。 ・ 中継局が無く、不感地帯がある。 ・ ドクターヘリ側無線機の出力が 1W と小さい
混信	・ 近隣県との混信がある。 ・ 周波数が 1 波のみのため、近隣県と混信する。 ・ 隣県で使用時に譲り合わなければならない。 ・ 送受信周波数が異なる事から、機上では CS の送信内容にて隣県の活動状況を知る事が出来るが、稀に自分達宛の内容なのか混同する事はある。
方式	・ 送信と受信の周波数が別々なので、ドクターヘリ同士の情報共有等が出来ず、使いづらい。
無線資格	・ ハンディーを持つにはスタッフ全員免許が必要かと思われる。 ・ 無線資格の取り扱いがあいまいである。
ルール	・ 拠点により運用ルールが異なること。拠点によっては運航管理にも使用しているところがあるようだが、これにより混信を生じている。運用ガイドラインを策定すべきである。
その他	・ 傷病者を基地病院以外に搬送することも多く、医療無線は使用できない。

2.4 まとめ

アンケートを実施した結果、現状の把握を行うと共に、課題や今後の要望に対するご意見を集めることができた。表 2-8 にアンケート調査結果を各項目に分類して示す。

表 2-8 アンケート調査結果のまとめ

項目	結果
使用状況	・ 1 回の出動における医療従事者の音声通話時間は、2 分未満が全体の過半数を占めている。 ・ 音声通話時間の平均値は、①基地病院から現場、②現場対応時、③現場から搬送先までそれぞれ 1 分、2 分、1 分であった。 ・ 医療業務用無線において、使用率は全体の 37%であるが、使用時間率は 18%となっている。 ・ 音声により共有している情報は準備指示や到着後の処置内容まで様々であるが、患者情報とバイタルで 50%以上である。 ・ 音声通信ができないことが「よくある」「時々ある」は合わせて 5 割以上であった。 ・ 混信することが「よくある」「時々ある」は合わせて 3 割程度であった。
運航状況	・ 年間の現場出動回数は 120～2000 回以上であり、平均すると 447 回である。 ・ 飛行距離の平均値は、平均 37 km、最大 115 km ・ 飛行時間の平均値は、平均 15 分、最大 46 分
設備更新	・ 無線局免許、検査無線機に関する作業に 4.5 か月 ・ 機体へ搭載するための作業に 8 か月 ・ 手続きにかかる費用は数千万円
問題点	・ 不感地帯がある。山間部等で通信が出来ない。 ・ 周波数が 1 波のみのため、近隣県と混信する。
今後の要望	・ 周波数を増やし、県又は基地病院単位の周波数及び全国共通の周波数の設定が欲しい。 ・ デジタル化した場合でも現状と同等の通話エリアを確保して欲しい。 ・ 音声よりもデータで伝送したい情報があるという回答が 60%を超えており、その情報の 50%は画像である。

第3章 実証試験

狭帯域デジタル化による電波伝搬状況を把握するため、上空等における通信距離の検証を実施した。また、バイタルデータなどの情報共有を想定したデータ伝送システムの検証を実施した。

ラボ試験では、基本特性を把握するための単体試験や干渉試験を実施した。フィールド試験では、上空における電波伝搬状況を把握するため、受信電力、符号誤り率、音声品質等を測定し評価した。また、データ伝送システムの検証のため、地上においてデータ伝送試験を実施した。

3.1 試験装置の概要

表 3-1 に本実証試験で使用した機器の諸元を示す。現在利用されている 150MHz 帯アナログ無線機を狭帯域デジタル化するために、150MHz 帯アナログ、150MHz 帯デジタルの各無線機を使用した。デジタルの変調方式は、アナログ・デジタル両用機があり、業務用無線等で使用されている 4 値 FSK とした。更に、ヘリコプターで使用されている消防救急無線と比較するため、260MHz 帯デジタル無線機を使用した。ただし、本実証試験で使用した無線機は消防救急無線で使用されている変調方式が異なるため、伝送速度等は直接比較することは出来ない。

表 3-1 試験機器の諸元

項目	150MHz アナログ	150MHz デジタル	260MHz デジタル
中心周波数	150MHz		260MHz
空中線電力	10W	10W	10W
変調方式	FM	4 値 FSK	4 値 FSK
電波の型式	F3E	F1D,F1E	F1D,F1E
チャンネル間隔	20kHz	6.25kHz	6.25kHz
占有周波数帯幅	16kHz	5.8kHz	5.8kHz
伝送速度	—	4800bps	4800bps
外観			

3.2 机上検討

3.2.1 検討項目

表 3-2 に机上における検討項目を示す。

表 3-2 検討項目

項番	検討項目	内容
1	電波伝搬試験機器構成	受信信号強度 (RSSI)、符号誤り率 (BER)、通話品質、位置情報の測定方法の検討
2	データ伝送試験機器構成	スループット、データ伝送時間の測定方法の検討
3	各種データの取得方法	各種データの記録方法の検討
4	飛行ルート	実証試験におけるヘリコプターの飛行ルートの検討

3.2.2 機器構成

(1) 電波伝搬試験

図 3-1 に電波伝搬試験のイメージを示す。基地病院を想定した送信局から電波を送信し、ヘリコプターに受信局を持ち込んでデータを取得した。ヘリコプターに送信局を設置する場合には検査が必要となり、時間と費用がかかる。そのため、ヘリコプターを受信側とした。

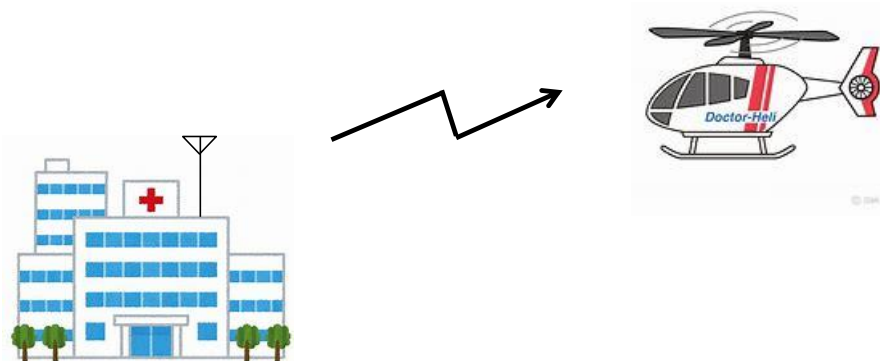


図 3-1 電波伝搬試験イメージ

図 3-2 に電波伝搬試験における機器構成図を示す。各無線システム（150MHz 帯アナログ、150MHz 帯デジタル、260MHz 帯デジタル）の受信信号強度（以下、RSSI）、符号誤り率（Bit Error Rate 以下、BER：但しデジタルに限る）及び通話品質を測定し、位置情報とともに記録・保存した。

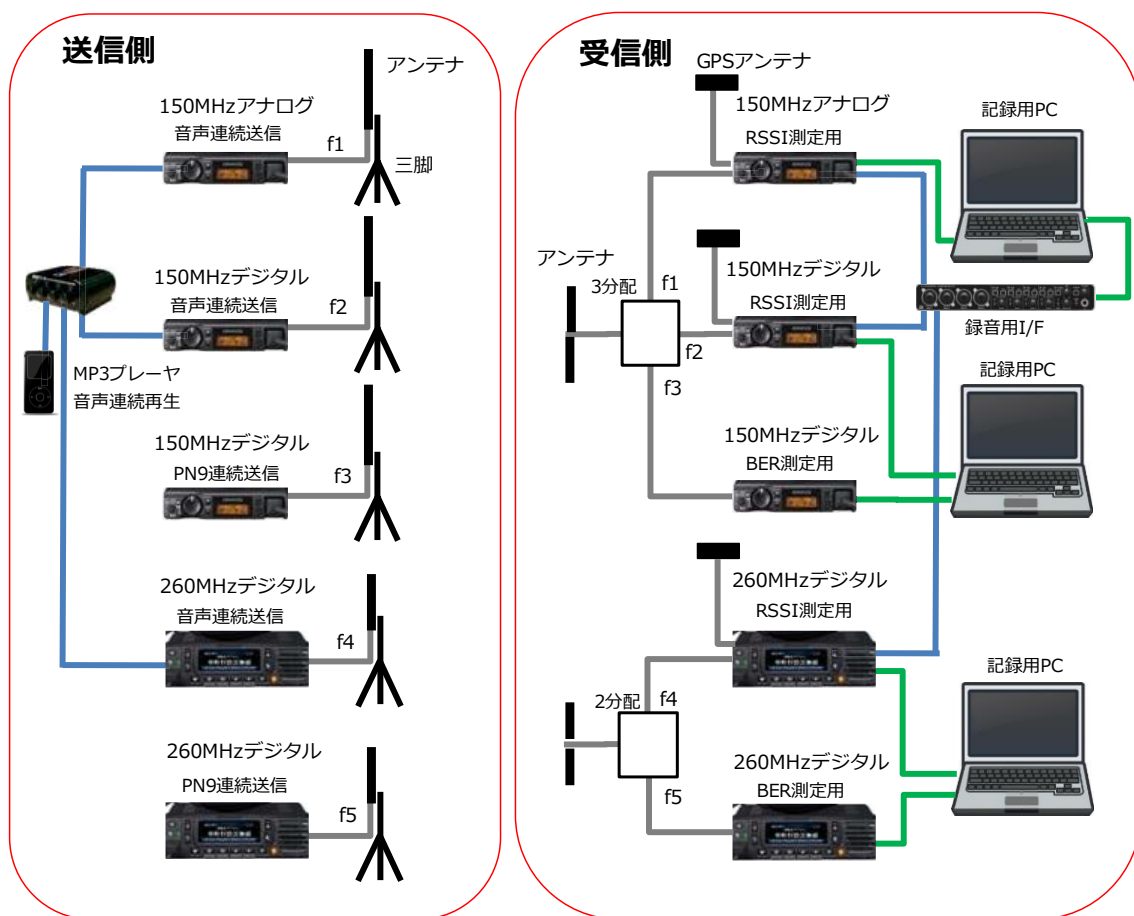


図 3-2 電波伝搬試験機器構成図

(2) データ伝送試験

図 3-3 にデータ伝送試験のイメージを示す。基地病院を想定した送信局から電波を送信し、車両に受信局を持ち込んでデータを取得した。

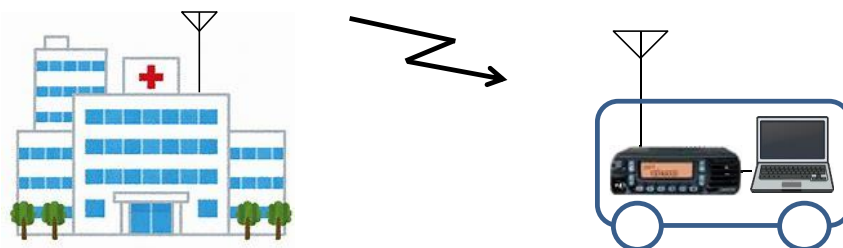


図 3-3 データ伝送試験イメージ

図 3-4 にデータ伝送試験における機器構成図を示す。各無線システム（150MHz 帯デジタル、260MHz 帯デジタル）について測定ポイント毎に各データ容量における伝送所要時間を RSSI、BER とともに記録・保存した。

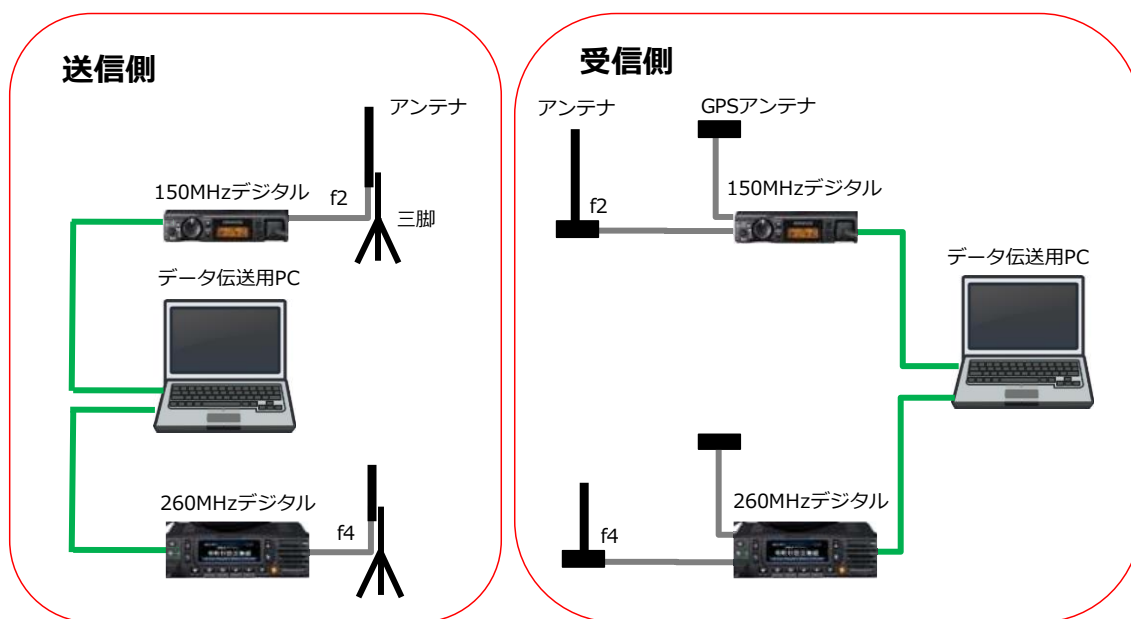


図 3-4 データ伝送試験機器構成図

3.2.3 データ取得方法

(1) RSSI 及び BER

シリアルケーブルで無線機とデータ記録用パソコンを接続した。RSSI ツールを用い、GPS 情報、RSSI、BER を一定の時間間隔で記録した。

(2) <音声>

無線機のマイク出力をオーディオインターフェースを介して USB ケーブルで記録用パソコンに接続した。録音用ソフト (Audacity) を使用して、音声を記録する。音声品質はメリットで評価した。

(3) <データ伝送時間>

データ伝送用パソコンを送信機に接続し、ターミナルソフトを使用してデータを伝送した。無線機の送信開始ランプを確認し、送信開始時刻を記録した。受信機において受信終了表示を確認し、受信終了時刻を記録した。

3.2.4 飛行ルート

送信基地局を中心に放射状に飛行した。搬送事例やシミュレーション結果を考慮し、様々な伝搬特性における飛行ルートとした。

3.3 ラボ試験

机上検討を行った試験方法の確認を行い、各無線装置の基本特性を取得した。フィールド試験結果と比較するために有線接続による単体試験、干渉試験を実施した。

3.3.1 試験概要

表 3-3 にラボ試験における試験項目と内容を示す。電波伝搬特性として、受信電力に対する受信信号強度、SINAD、符号誤り率、通話品質の測定を実施した。データ伝送特性として、データサイズ対伝送時間の測定を実施した。干渉特性として、希望波と妨害波の各種組合せにおいて希望波に対する妨害波のレベルを変化させた場合における所要 D/U の測定を実施した。混信評価として、希望波に対する妨害波のレベルを変化させた場合における通話品質の測定を実施した。

表 3-3 試験項目

章番号	試験項目	内容
3.3.3	電波伝搬特性	各種無線装置の受信電力対 RSSI、SINAD、BER、通話品質の測定
3.3.4	データ伝送特性	各種無線装置のデータサイズ対データ伝送時間の測定
3.3.5	干渉特性 (回線品質評価)	希望波に対する妨害波のレベルを変化させた場合における所要 D/U の測定
3.3.6	干渉特性 (音声品質評価)	希望波に対する妨害波のレベルを変化させた場合における音声品質の測定

3.3.2 音声品質評価方法

音声品質の明瞭度をメリット 5～1 の 5 段階に分類して評価した。一般に評価者は性別、年齢層を考慮して幅広く抽出することが必要であるが、ここでは、評価時間等の理由から簡便な手法として 3 名で評価して音声品質結果とした。評価用音声音源は男性が数字等を読み上げる約 10 秒の音声の繰り返しである。表 3-4 にメリット 5～1 の分類を示す。

表 3-4 明瞭度の分類

明瞭度	内容
メリット 5	非常に良い はっきりと聞こえる。了解できる。
メリット 4	良い 若干ノイズがまじるがはっきりと聞こえる。困難なく了解できる。
メリット 3	普通 ノイズや強弱があるが通信は可能。かなり困難だが了解できる。
メリット 2	悪い 途切れ途切れになり聞き取れない割合が高い。かろうじて了解できる。
メリット 1	非常に悪い 相手が送信していることは判るが内容が聞き取れない。了解できない。

3.3.3 電波伝搬特性

(1) 試験構成

図 3-5 に電波伝搬特性試験における機器構成図を示す。各無線機間を有線ケーブルにて接続し、その間に可変アッテネータを挿入し、アッテネータの値を変化させて RSSI、SINAD、BER 及び音声品質を測定した。BER 測定では、PN9 段信号を連続送信した。

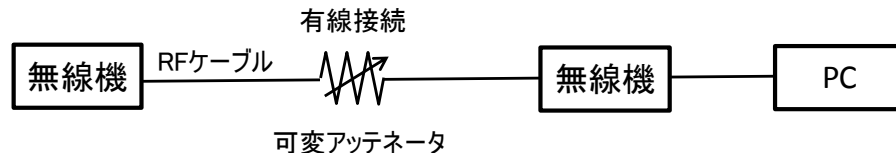


図 3-5 電波伝搬特性試験機器構成図

表 3-5 に各測定データを取得する際に使用した対象システムを示す。

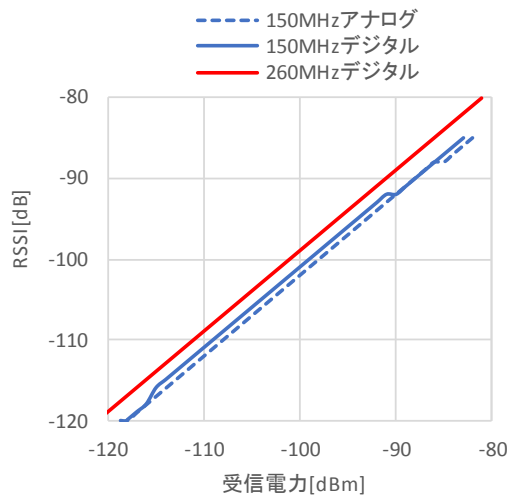
表 3-5 電波伝搬特性対象システム

測定データ	対象システム
RSSI	150MHz アナログ／150MHz デジタル／260MHz デジタル
SINAD	150MHz アナログ
BER	150MHz デジタル／260MHz デジタル
音声品質	150MHz アナログ／150MHz デジタル／260MHz デジタル

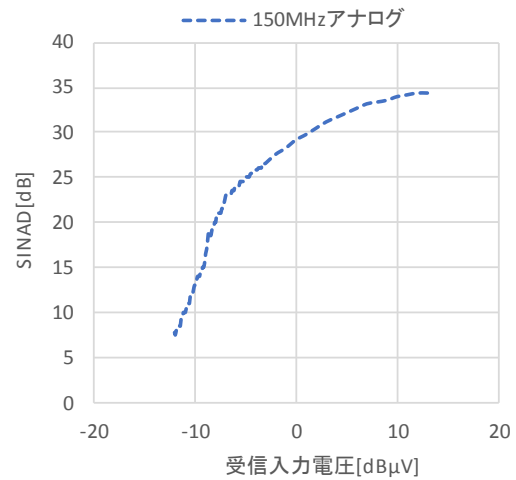
(2) 測定結果

図 3-6 に電波伝搬特性の測定結果を示す。

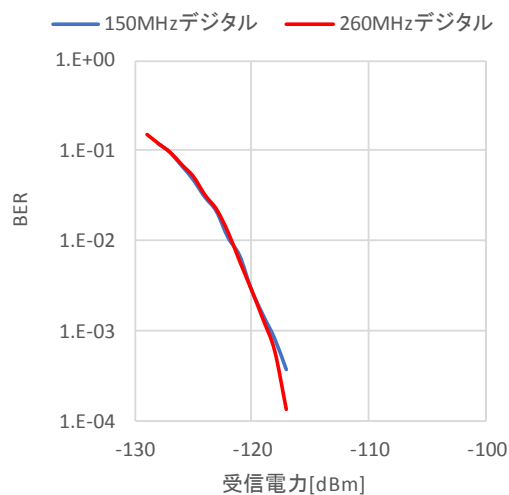
図(a)より、受信電力－RSSI 特性は直線性を示し、周波数や変調方式にかかわらず傾向は同じであった。本結果をフィールド試験における RSSI 値を受信電力に変換する際に使用する。図(b)において、150MHz アナログの場合、SINAD=12dB となる受信電力は、-10dBμV (-123dB) であった。図(c)より、デジタル機の場合、受信電力－BER 特性において、周波数にかかわらず同等の結果であり、今回の実証試験に用いたデジタル方式における試験装置の受信感度実測値は、-122dBm(BER=1%)であった。図(d) 受信電力－音声品質より、現行の FM 方式無線機において一般に受信感度 (SINAD=12dB) 付近の音質と考えられているメリット 3 で比較すると 150MHz アナログの場合には-119dBm であり、150MHz デジタル及び 260MHz デジタルの場合には-125dBm であった。デジタルの方が 6dB 低くなっており、より遠くまで通話が可能と考えられる。



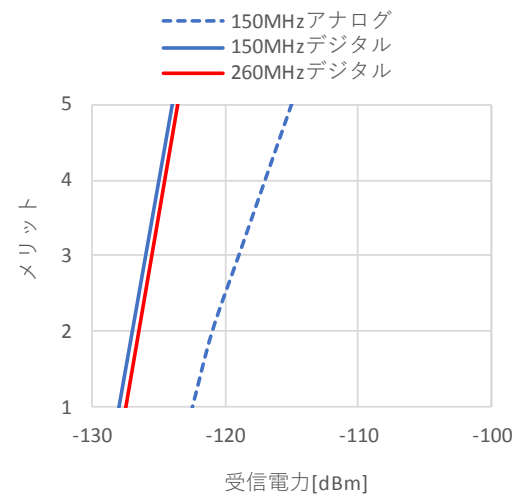
(a) 受信電力－RSSI



(b) 受信電力－SINAD



(c) 受信電力－BER



(d) 受信電力－音声品質

図 3-6 電波伝搬特性試験結果

3.3.4 データ伝送特性

(1) 試験構成

図 3-7 にデータ伝送試験における機器構成図を示す。各無線機間を有線ケーブルにて接続し、その間に挿入したアッテネータの値を変化させさせてデータ伝送特性を取得した。

データ伝送用パソコンを送信機に接続し、ターミナルソフトを使用してデータを伝送した。無線機の送信開始ランプ点灯を送信開始時刻とし、受信機において受信終了表示を受信終了時刻としてその差をデータ伝送時間とする。

使用する無線機は伝送速度が一定のため、受信電力に対して伝送速度は変化しない。よって、データ伝送の失敗やビットエラーによるデータ伝送量の低下を評価した。

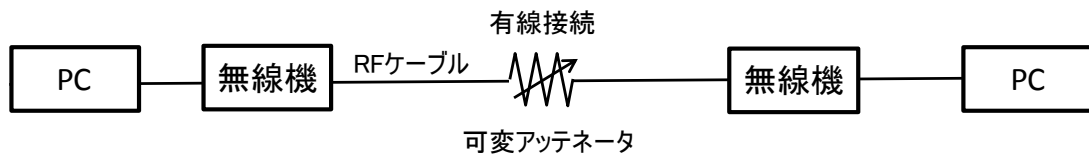


図 3-7 データ伝送試験機器構成図

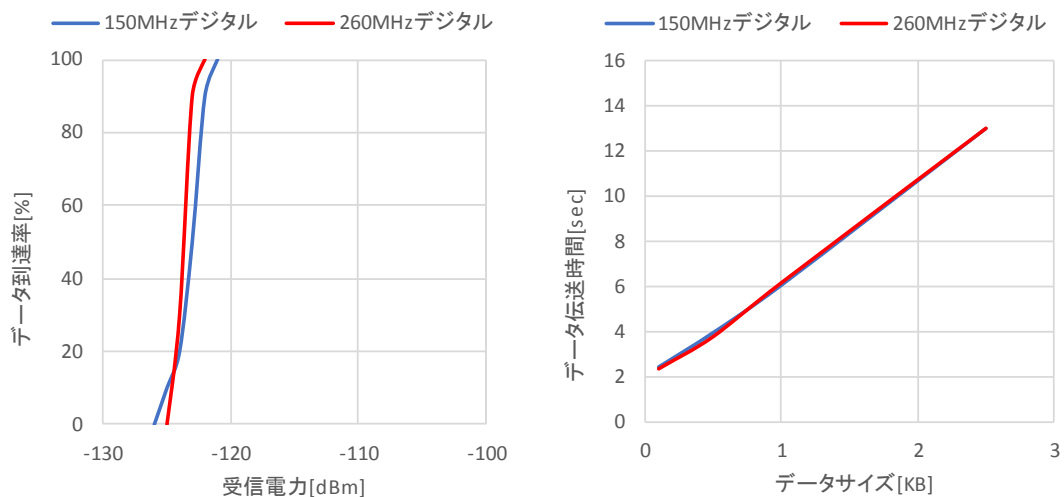
(2) 測定結果

図 3-8 にデータ伝送特性の測定結果を示す。図中のデータ到達率は、1 バイトのデータを 10 回送った際の成功率を示している。本試験系で送信可能な最小のバイト数で行った。

図(a)より、-120dBm 程度までは、データ到達率は 100%となっており、-125dBm 以下となると 0 %となった。

図(b) データサイズ対伝送時間の関係では、周波数に関わらず、同様の結果となった。送信起動時間やアイドルフレーム送信等の接続準備に 2 秒程度かかり、1KB あたりの伝送時間は約 4.5 秒すなわち 0.22KB/sec となった。これより、1.78kbit/sec=1780bps の実効伝送速度を達成できることが確認された。

本試験装置の信号伝送速度は 4800bps である。同期ビットや機能ビットを除いた情報の割合は 75%、さらに誤り訂正を行うために搭載できる実情報の割合は 46%となる。データ伝送のヘッダや CRC 符号の付加、送信制御タイミングにより、最終的な情報の割合は 35%程度であり、データ伝送速度は 1700bps 前後となる。



(a) 受信電力ーデータ到達率

(b) データサイズー伝送時間

図 3-8 データ伝送特性試験結果

3.3.5 干渉特性（回線品質評価）

（1）試験構成

図 3-9 に干渉特性検討における回線品質評価の機器構成図を示す。各無線機間を有線ケーブルにて接続し、その間に可変アッテネータを挿入した。一方の無線機からの信号を希望波とし、もう一方の無線機からの信号を妨害波として合成して受信機に入力した。

図 3-10 に D/U のイメージ図を示す。D/U 比は希望波（D : Desired Signal）と妨害波（U : Undesired Signal）の関係を示し、希望波の受信を妨害する妨害波がどの程度の強さであれば混信を与えるのかを示す。

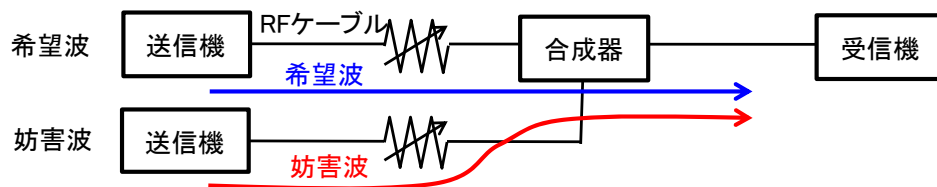


図 3-9 干渉特性試験（回線品質評価）機器構成図

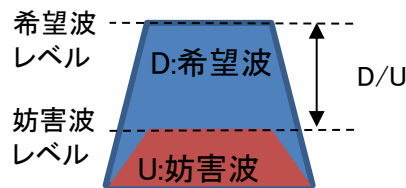


図 3-10 D/U のイメージ

（2）試験手順

（i）アナログ機受信の場合

希望波は SINAD=12dB となる受信電力より 3dB 高い希望波を加えた状態とした。妨害波の信号を連続送信して干渉を与え、妨害波のレベルを変化させて、SINAD=12dB となる D/U を記録した。

（ii）デジタル機受信の場合

希望波は BER=1×10⁻² となる受信電力より 3dB 高い希望波を加えた状態とした。妨害波の信号を連続送信して干渉を与え、妨害波のレベルを変化させて、BER=1×10⁻² となる D/U を記録した。

表 3-6 に干渉特性試験（回線品質評価）における希望波と妨害波の組合せを示す。

表 3-6 干渉特性試験（回線品質評価）組合せ

組合せ			希望波			
			150MHz アナログ (FM)	150MHz デジタル（4 値 FSK）		
				f1	f2	f3
妨 害 波	150MHz アナログ (FM)					
	150MHz デジタル (4 値 FSK)	f1				
		f2				
		f3				

（３）測定結果

表 3-7 に干渉特性試験（回線品質評価）結果の一覧を示す。赤字に示す情報通信審議会結果⁵よりも全体的に大きな値となったが、同じような傾向を示している。測定方法については、基本的に同様な方法を用いたが、試験装置の個体差等によるものと想定される。

希望波がアナログの場合における D/U は、妨害波がアナログの場合には 7dB であり、デジタルの場合、f1,f2,f3 のそれぞれについて-2.5dB,6dB,4.5dB であった。周波数特性があるが、中心の f2 よりも f1,f3 の D/U は小さくなっており、デジタルへの移行は f1,f3 の周波数から行うことが望ましいと考えられる。

デジタルに対するデジタルの所要 D/U は、デジタル f2 に対する同一チャネル f2 の場合には 14dB であり、下隣接 f1 及び上隣接 f3 の場合には、-48dB であった。デジタル化による増波及び周波数繰返し検討の観点からは、隣接チャネルの所要 D/U 値は隣接チャネル選択度に相当し、民間標準規格 42dB 以上を満たす結果となった。また、次隣接チャネルの f1 及び f3 の配置に対しては、60dB 以上の妨害波耐力を有する結果であった。これらの結果から移行におけるチャネル配置検討の参考になると考える。

⁵ 平成 20 年 3 月 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告

表 3-7 所要 D/U (回線品質評価)

組合せ			希望波			
			150MHz アナログ (FM)	150MHz デジタル (4 値 FSK)		
				f1	f2	f3
妨害波	150MHz アナログ (FM)		7dB (2dB)	-7dB	11dB (6dB)	1dB
	150MHz デジタル (4 値 FSK)	f1	-2.5dB	—	-48dB	-62dB
		f2	6dB (3dB)	—	14dB (12dB)	—
		f3	4.5dB	-60dB	-48dB	—

3.3.6 干渉特性 (音声品質評価)

(1) 試験構成

図 3-11 に干渉特性検討における音声品質評価の機器構成図を示す。各無線機間を有線ケーブルにて接続し、その間に可変アッテネータを挿入した。一方の無線機からの信号を希望波とし、もう一方の無線機からの信号を妨害波として合成して受信機に入力した。

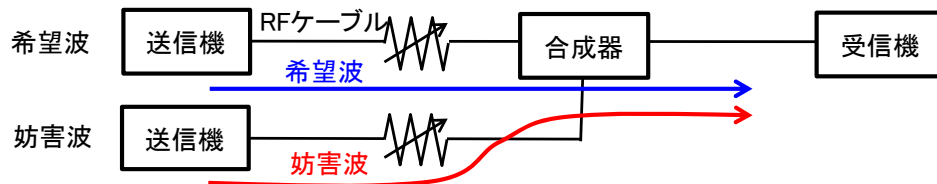


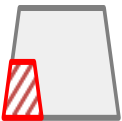
図 3-11 干渉特性試験 (音声品質評価) 機器構成図

(2) 試験手順

希望波はメリット 5 となる最小の受信電力より 3dB 高い希望波を加えた状態とした。妨害波の信号を連続送信して干渉を与え、妨害波のレベルを変化させて、メリット 1~5 における D/U を記録した。

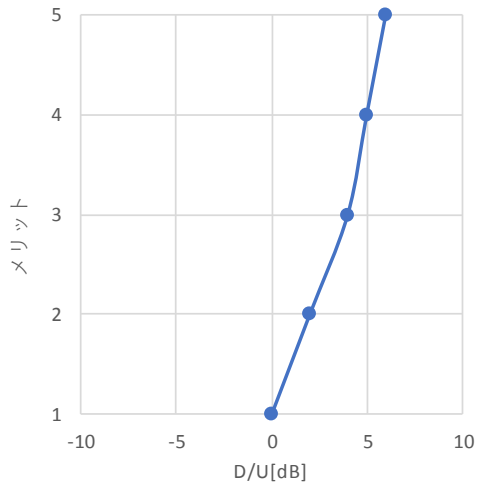
表 3-8 に干渉特性試験（音声品質評価）における希望波と妨害波の組合せを示す。

表 3-8 干渉特性試験（音声品質評価）組合せ

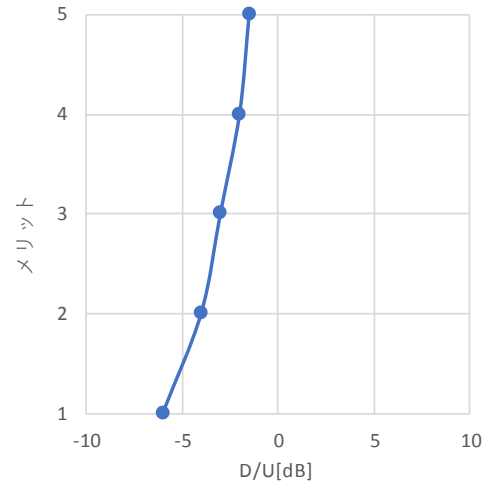
No.	希望波	妨害波	イメージ	No.	希望波	妨害波	イメージ
1	アナログ	アナログ		8	アナログ	デジタル f1 デジタル f2 デジタル f3	
2	アナログ	デジタル f1		9	デジタル f1	アナログ	
3	アナログ	デジタル f2		10	デジタル f2	アナログ	
4	アナログ	デジタル f3		11	デジタル f3	アナログ	
5	アナログ	デジタル f1 デジタル f2		12	デジタル f2	デジタル f2	
6	アナログ	デジタル f1 デジタル f3		13	デジタル f2	デジタル f1	
7	アナログ	デジタル f2 デジタル f3		14	デジタル f2	デジタル f3	

（３）測定結果

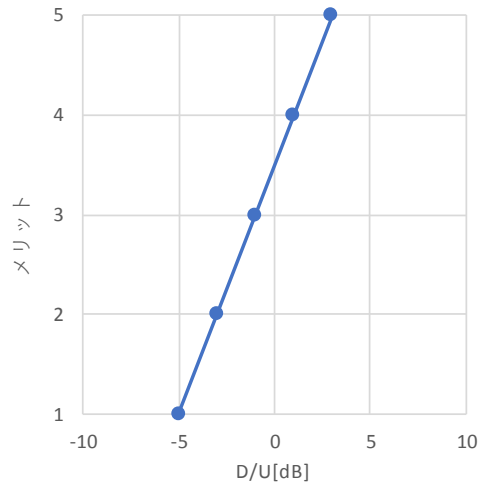
図 3-12 に各組合せにおける干渉特性試験（音声品質評価）結果を示す。図は希望波と妨害波の各組合せにおけるメリット 1～5 の D/U を表している。



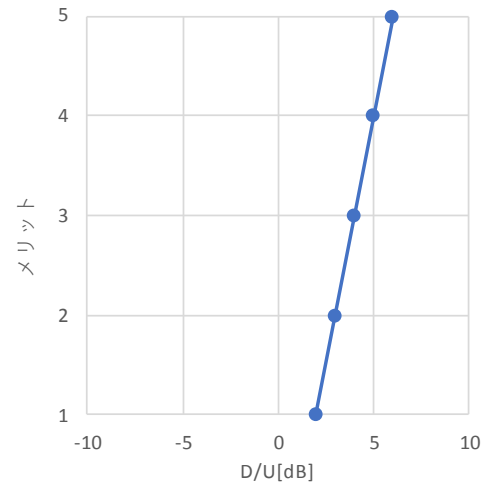
(a) No.1 (アナログ←アナログ)



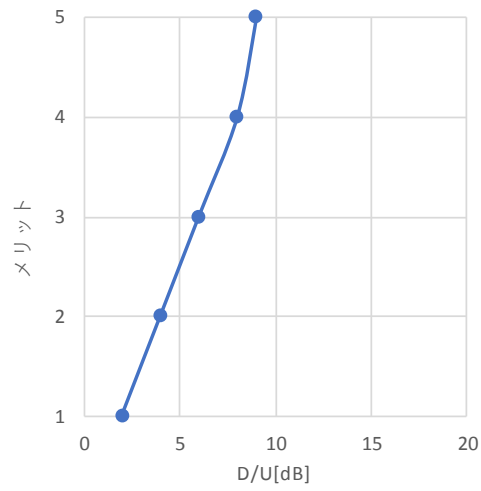
(b) No.2 (アナログ←デジタル f1)



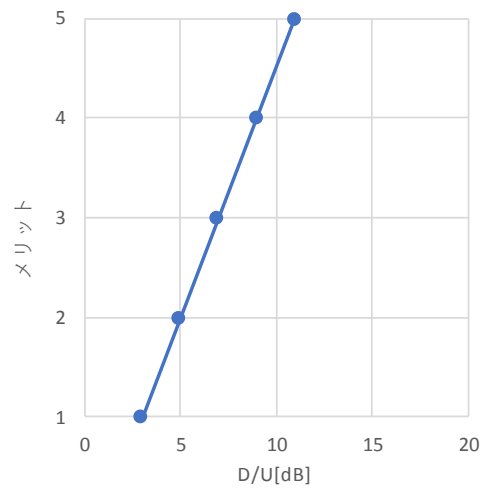
(c) No.3 (アナログ←デジタル f2)



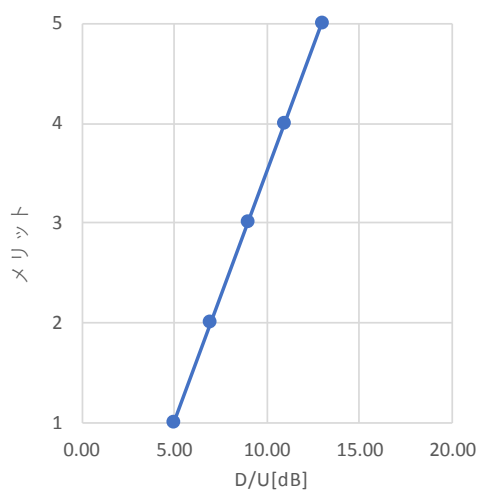
(d) No.4 (アナログ←デジタル f3)



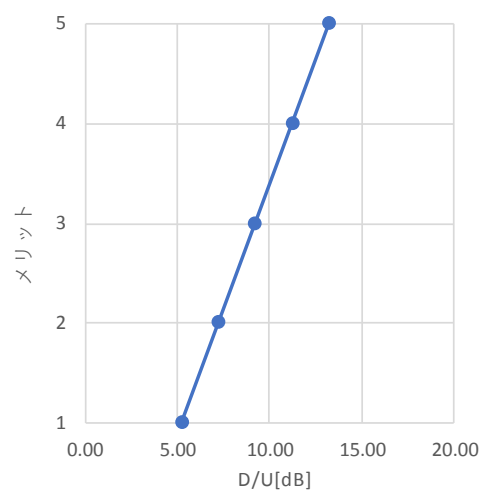
(e) No.5 (アナログ←デジタル f1,f2)



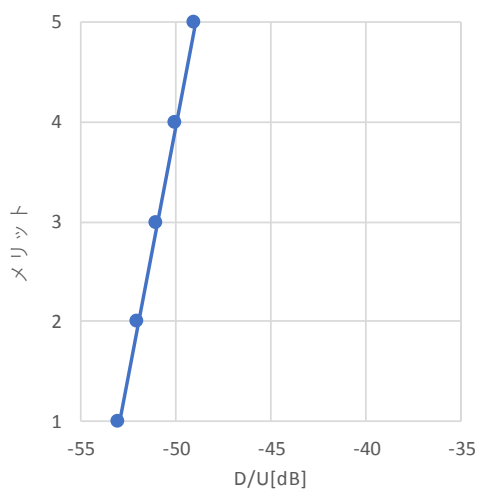
(f) No.6 (アナログ←デジタル f1,f3)



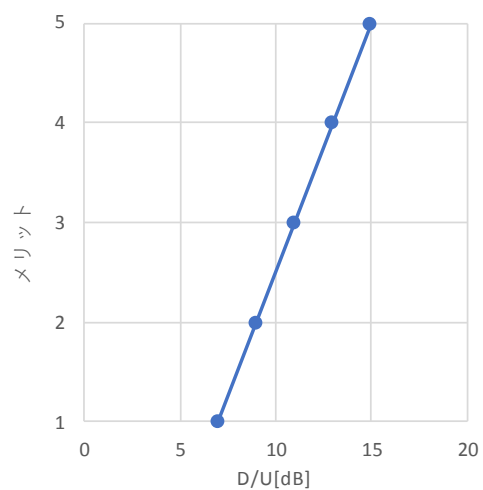
(g) No.7 (アナログ←デジタル f2,f3)



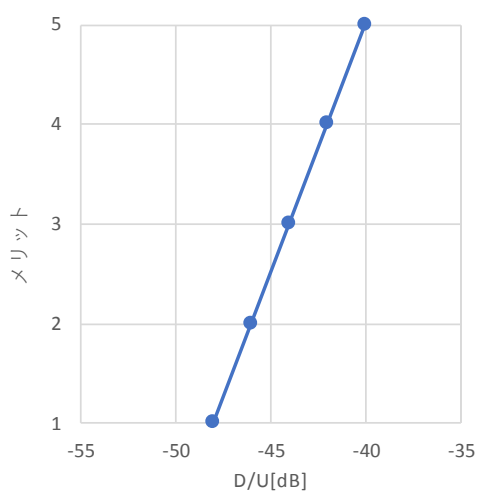
(h) (アナログ←デジタル f1,f2,f3)



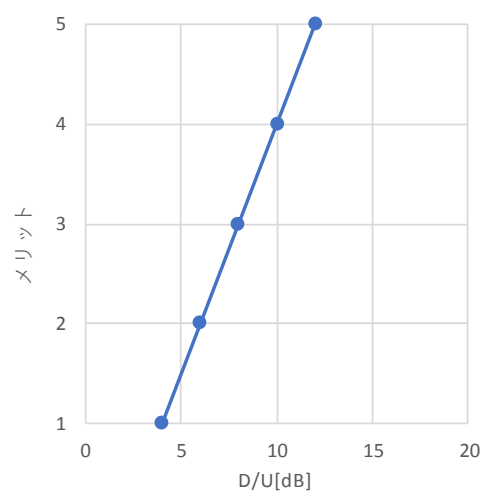
(i) No.9 (デジタル f1 ←アナログ)



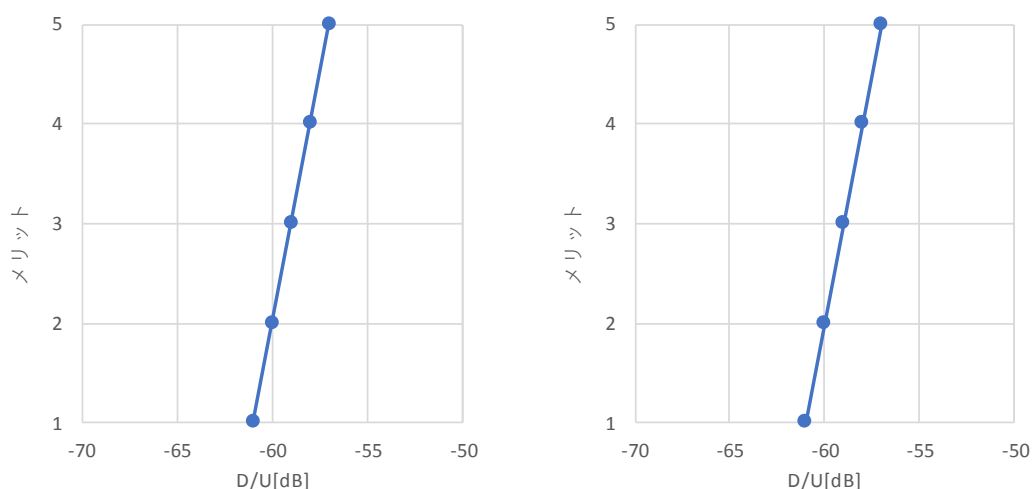
(j) No.10 (デジタル f2 ←アナログ)



(k) No.11 (デジタル f3 ←アナログ)



(l) No.12 (デジタル f2 ←デジタル f2)



(m) No.13 (デジタル f2 ← デジタル f1) (n) No.14 (デジタル f2 ← デジタル f3)

図 3-12 干渉特性試験（音声品質評価）結果

表 3-9 に干渉特性試験（音声品質評価）の結果一覧を示す。表中には測定結果から各組合せのメリット 3 における所要 D/U を示す。

希望波がアナログの場合における D/U は、妨害波がアナログの場合には 4dB であり、デジタル f1,f2,f3 の場合にはそれぞれ-3dB,-1dB,4dB であった。周波数特性があるため、デジタルが 1 波の場合には、最大値である f3 の場合における 4dB の所要 D/U を確保する必要がある。また、f1 の D/U が最も小さく、デジタルへの移行は f1 の周波数から行うことが望ましいと考えられる。希望波がデジタル f1,f2,f3 に対し、妨害波がアナログの場合の D/U は、それぞれ-51dB,11dB,-44dB であった。周波数特性があるが、中心の f2 よりも f1,f3 の D/U は小さくなっており、デジタルへの移行は f1,f3 の周波数から行うことが望ましいと考えられる。希望波デジタルに対するデジタルの所要 D/U は、同一チャネルの場合には 8dB であり、隣接チャネルの場合には、-59dB であった。

これらの結果から移行におけるチャネル配置検討の参考になると考える。

表 3-9 所要 D/U（音声品質評価）

組合せ			希望波			
			150MHz アナログ (FM)	150MHz デジタル（4 値 FSK）		
				f1	f2	f3
妨害波	150MHz アナログ（FM）		4dB	-51dB	11dB	-44dB
	150MHz デジタル （4 値 FSK）	f1	-3dB	—	-59dB	—
		f2	-1dB	—	8dB	—
		f3	4dB	—	-59dB	—
		f1,f2	6dB	—	—	—
		f1,f3	7dB	—	—	—
		f2,f3	9dB	—	—	—
		f1,f2,f3	9dB	—	—	—

3.3.7 ラボ試験まとめ

■電波伝搬特性

- ・受信電力に対する RSSI、SINAD、BER、通話品質の測定を実施し、各試験装置の有線接続における基本特性を把握した。
- ・受信電力と音声品質の関係から、メリット 3 における受信電力が 150MHz アナログよりも 150MHz デジタルの方が低くなっており、より遠くまで通話が可能と考えられる。

■データ伝送

- ・データサイズ対伝送時間の測定を実施し、有線接続による基本特性を把握した。
- ・150MHz デジタルと 260MHz デジタルのデータサイズと伝送時間の関係は周波数に関わらず同等であり、1780bps の実効伝送速度を達成できることが確認された。

■干渉特性（回線品質評価）

- ・各組合せにおける所要 D/U の測定結果は情報通信審議会報告よりも全体的に大きな値となったが、同じような傾向を示していた。希望波がアナログの場合における D/U は、妨害波がデジタルの場合、f2 よりも f1,f3 の方が小さいため、デジタルの以降は f1,f3 の周波数から行うことが望ましいと考えられる。

■干渉特性（音声品質評価）

- ・各組合せにおいて音声品質を確保する所要 D/U が明らかとなった。希望波がアナログの場合における D/U は、妨害波がデジタルの場合、f1 が最も小さいため、デジタルの移行は f1 の周波数から行うことが望ましいと考えられる。

3.4 フィールド試験

狭帯域デジタル化による電波伝搬状況を把握するため、上空等における通信距離の検証を実施した。また、バイタルデータなどの情報共有を想定し、データ伝送時間の測定を実施した。

3.4.1 試験概要

（1）試験項目

表 3-10 にフィールド試験における試験項目を示す。

表 3-10 試験項目

項番	試験項目	取得データ
1	上空における電波伝搬特性	RSSI、BER、音声品質
2	地上におけるデータ伝送特性	RSSI、BER、データ伝送時間

（2）試験場所

表 3-11 に送信場所の諸元を示す。送信基地局の設置場所は商業施設の屋上駐車場であり、駐車場は閉鎖されていて一般客は入れない状況になっていた。図 3-13 に設置場所の概況を写真に示す。

表 3-11 送信場所諸元等

場所	イオン春日井店屋上駐車場
住所	愛知県春日井市柏井町 4-17
緯度	35 度 14 分 17 秒
経度	136 度 57 分 45 秒
海拔高	40m



図 3-13 送信基地局設置場所

(3) 試験環境

図 3-14 にフィールド試験における試験環境を写真で示す。



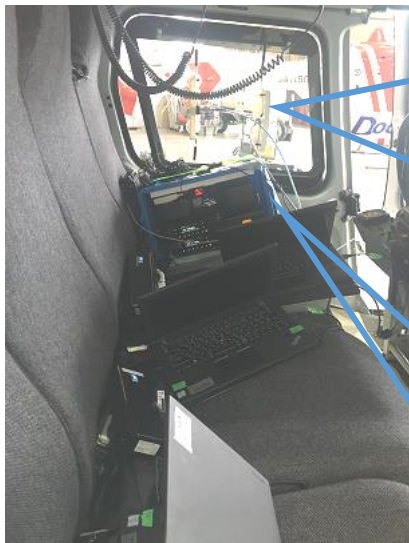
(a) 基地局設置状況



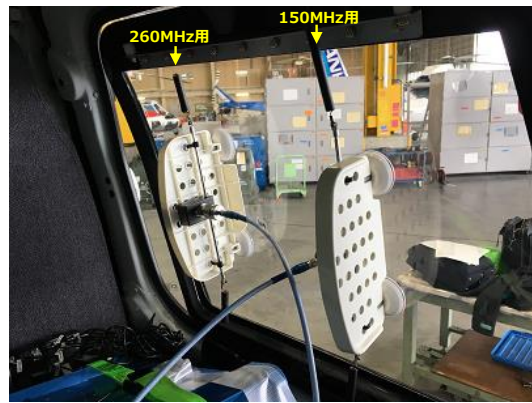
(b) 送信基地局無線機



(c)使用したヘリコプター



(d)ヘリ内部



(e)アンテナ



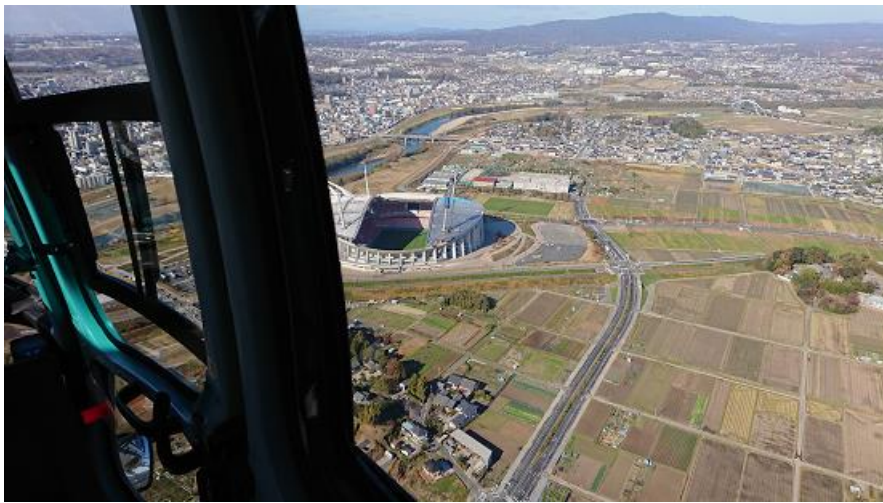
(f) 受信端末局無線機

図 3-14 試験環境

図 3-15 にヘリコプターから撮影した地上の様子を示す。



(a)長久手市周辺



(b)豊田市周辺

図 3-15 上空からの様子

(4) 測定諸元

表 3-12 に測定諸元を示す。

表 3-12 測定諸元

項目	150MHz アナログ	150MHz デジタル	260MHz デジタル
中心周波数	150MHz		260MHz
空中線電力	10W		
送信アンテナ	スリーブ		
送信アンテナ利得	2.14dBi		
送信高	40m		
受信アンテナ	電波伝搬（ヘリコプター）：ヘリカル データ伝送（車両）：ホイップ		
受信アンテナ利得	電波伝搬（ヘリコプター）：－ データ伝送（車両）：2.14dBi		
受信高	電波伝搬（ヘリコプター）：450m 程度 データ伝送（車両）：1.65m		

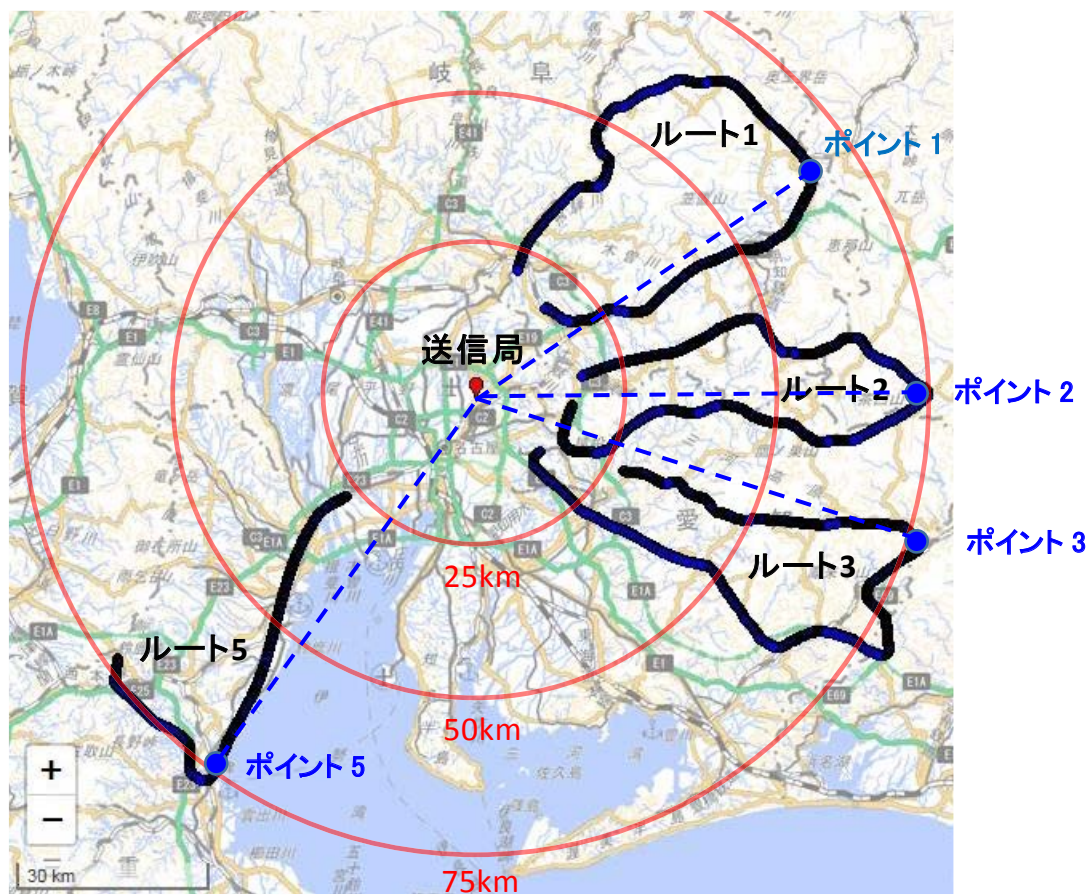
3.4.2 電波伝搬試験

(1) 飛行ルート

図 3-16 に電波伝搬試験を実施したヘリコプターの飛行ルートを示す。試験期間や天候の都合により、同図の場所での試験となった。各ルートにおいて、高度 450m、速度 100 ノット（185km/h）を目安として飛行したが、状況によって 40 ノット（74km/h）で飛行することもあった。

ルート 1～3 は送信局東側の山岳方面であり、ルート 5 は西側の平地である。ルート 1 は岐阜県の恵那市や中津川市を通るルートである。ルート 2 は愛知県北東部の茶臼山方面を通り、ルート 3 は愛知県東部の東栄町や新城市を通るルートである。ルート 5 は三重県の四日市や津市を通るルートである。

図 3-17 に送信局から各ポイントまでの標高の断面図を示す。図中には各ポイントの地上高 300m の位置を青で示し、送信局からの見通し線を点線で示す。ポイント 2,3 においては、標高 1000m 以上の場所があり、見通しを遮っていることが分かる。ポイント 5 については、途中区間が海上となっており、標高は 0m となっている。



地理院地図（電子国土web） <https://maps.gsi.go.jp/>を加工して使用

図 3-16 飛行ルート

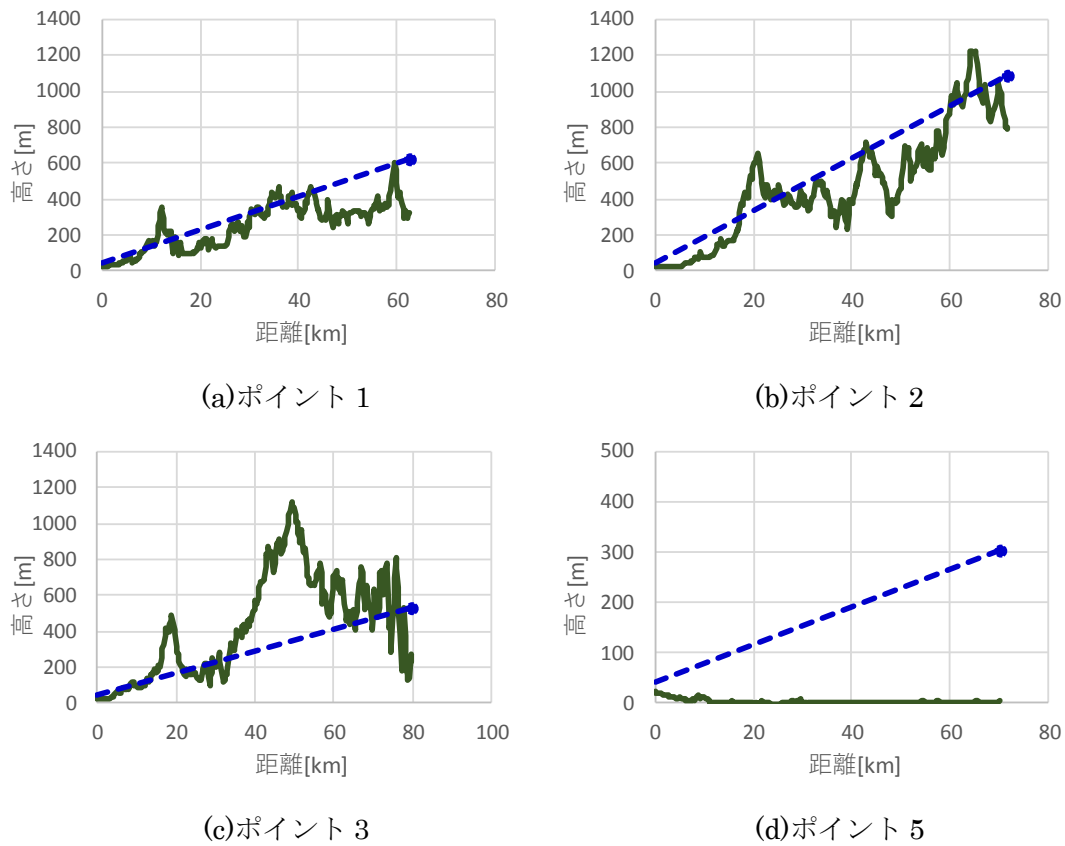
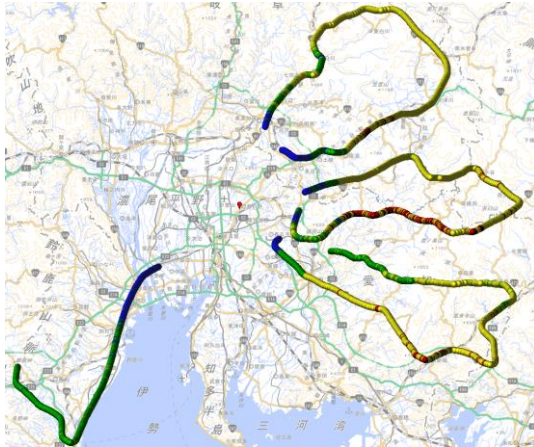


図 3-17 各ポイントまでの標高の断面図

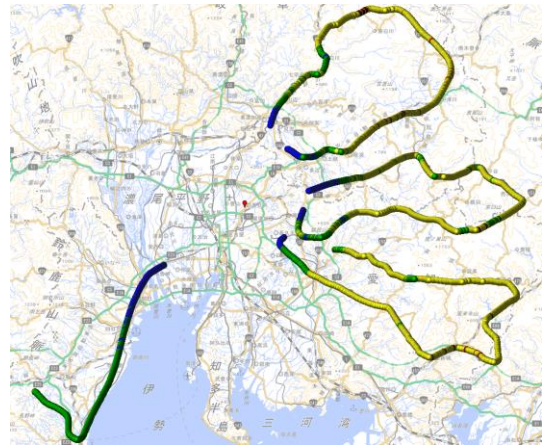
(2) 受信電力

図 3-18 に上空における受信電力のマップを示す。受信電力の測定間隔は 2 秒であり、120km/h で飛行した場合、約 67m 間隔でデータを取得することとなる。受信電力の値によって色分けしており、-70dBm 以上を青、-70~-80dBm を緑、-80~-90dBm を黄色、-90dBm より低い場合を赤で表している。また、受信電力は、ヘリコプター内部に設置したアンテナの利得を補正した後の値である。

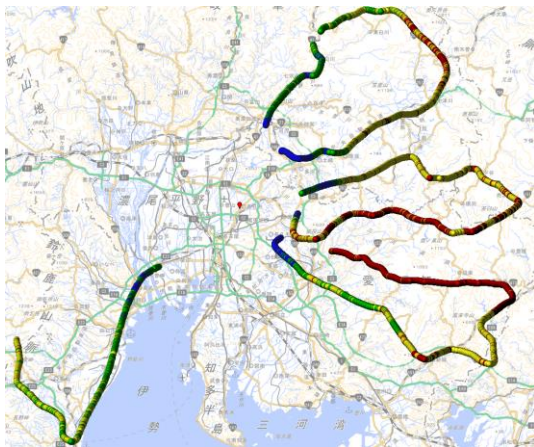
図(a),(b)より、150MHz においては三重県方面の平地では青もしくは緑となっており、受信電力は高い傾向を示している。東側の山岳方面では、黄の所が多く、受信電力は低い結果となっている。全体的にアナログとデジタルで同じような受信電力変化を示している。図(c)より、260MHz デジタルについては、150MHz と比較して全体的に受信電力が低い傾向であり、東側のエリアでは-90dBm 以下の赤が見られる。



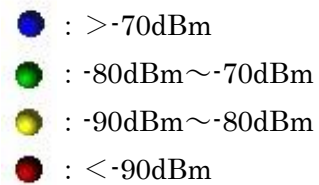
(a) 150MHz アナログ



(b) 150MHz デジタル



(c) 260MHz デジタル



地理院地図（電子国土 web）

<https://maps.gsi.go.jp/>を加工して使用

図 3-18 受信電力マップ

図 3-19 にルート毎の受信電力の距離特性を示す。150MHz については、全体的にアナログとデジタルで同じような受信電力変化を示している。260MHz デジタルについては、ルート 2 の 20km 付近やルート 3 の 30～40km 付近で 150MHz と比較して受信電力が低い場所があった。これらは、周波数による伝搬損失の差だけでなく、アンテナ位置による影響も考えられる。

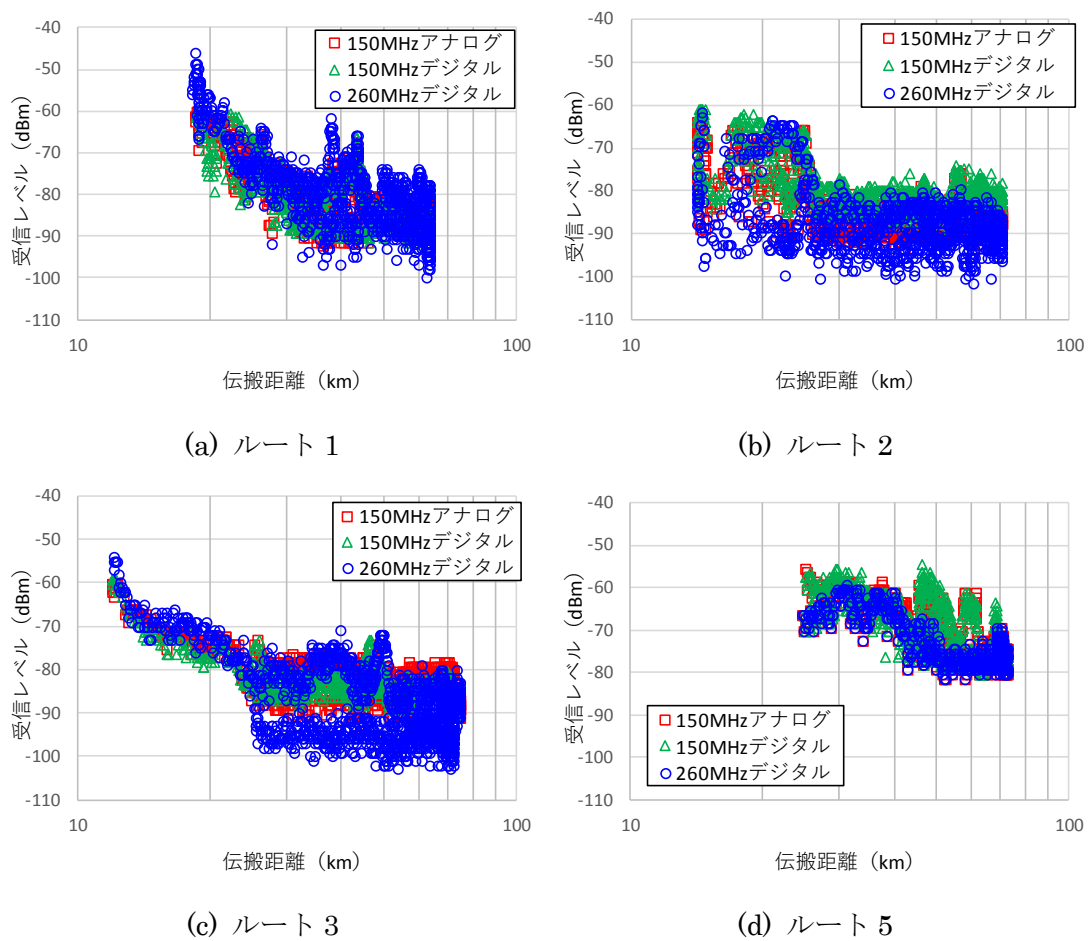


図 3-19 受信電力の距離特性

(3) 推定値との比較

(i) 平地・海上

図 3-20 に各システムにおける受信電力の距離特性を示す。実測値は平地・海上のルート 5 のデータである。各受信電力は移動距離 1km 毎の中央値を示している。また、自由空間損失および球面大地による回折損失を用いて推定した結果を併せて示す。

平地の場合、150MHz においては、約 40km までは自由空間損失モデルに近く、それ以降の距離では球面大地による回折モデルに近づく傾向が見られる。260MHz においては、ほぼ自由空間損失モデルに近い傾向であった。平地においては、自由空間損失モデル及び球面大地における回折損失モデルを用いて実測値を推定できると考えられる。

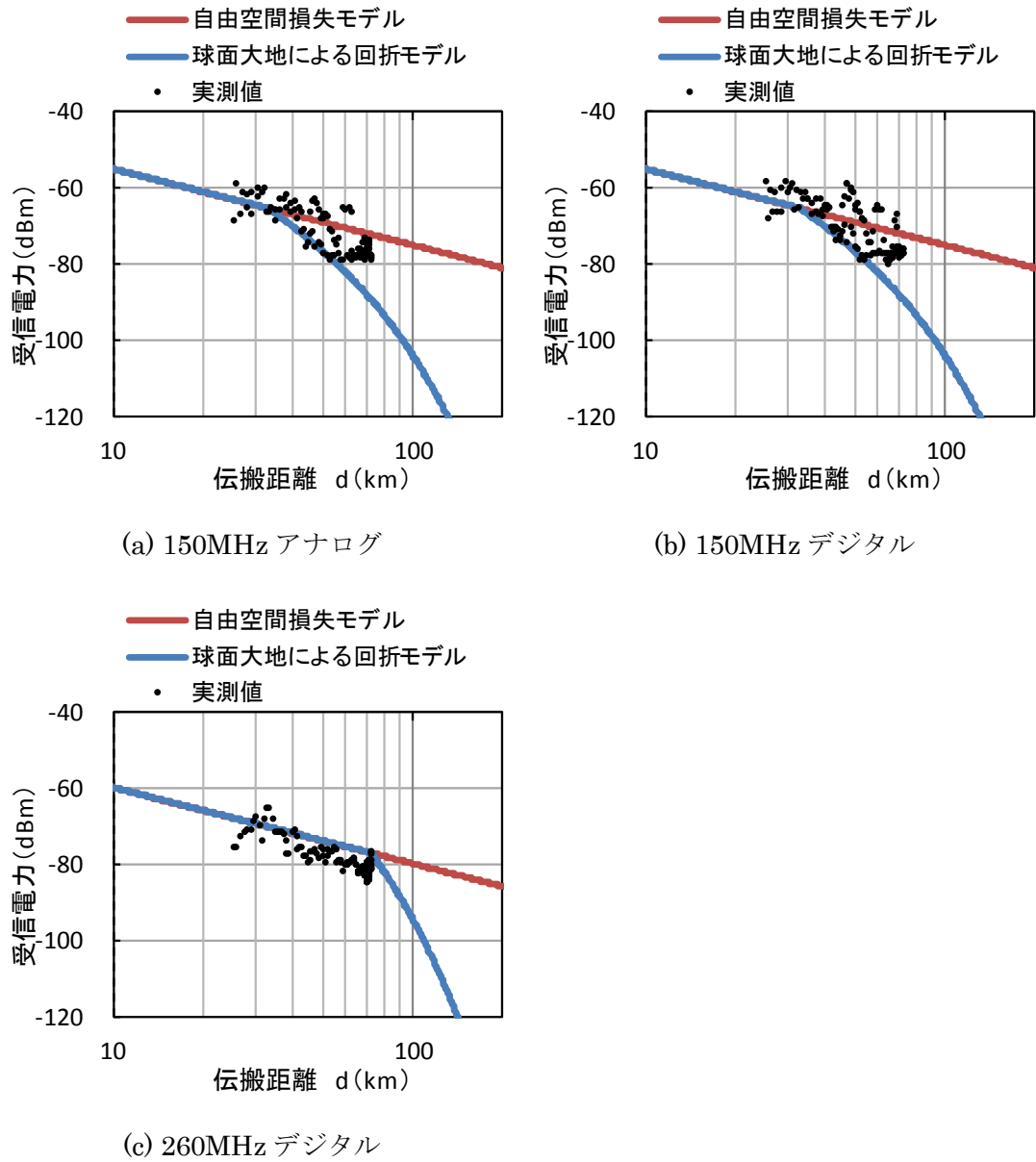


図 3-20 推定値との比較 (平地・海上)

(ii) 山岳

山岳伝搬路における受信電力の推定について検討する。図 3-21 に山岳における多重回折の状況を示す。送受信点間の断面図から回折箇所を求めて損失を積算し、多重回折損失とする。なお、多重回折計算の詳細は付属資料 6 に示す。

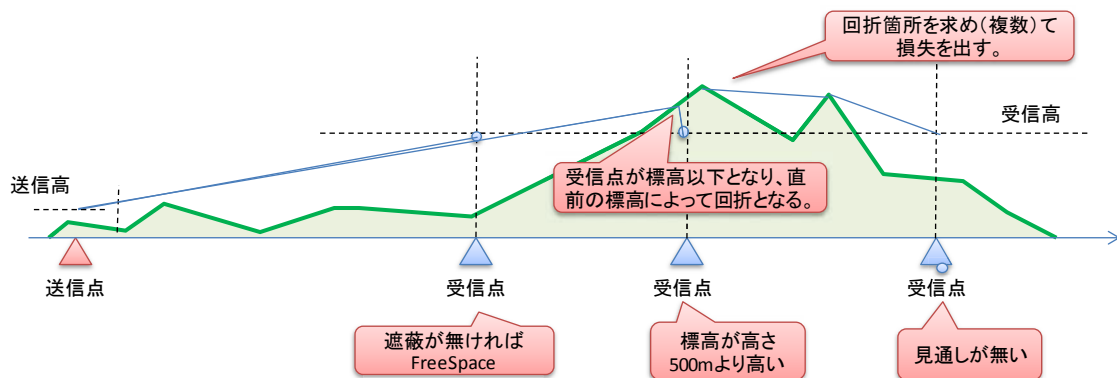


図 3-21 山岳における多重回折

図 3-22 にルート 1~3 における多重回折損失の累積確率分布を示す。多重回折損失は 6 ~50dB となっており、中央値は 150MHz の場合には 19dB、260MHz の場合には 22dB となった。

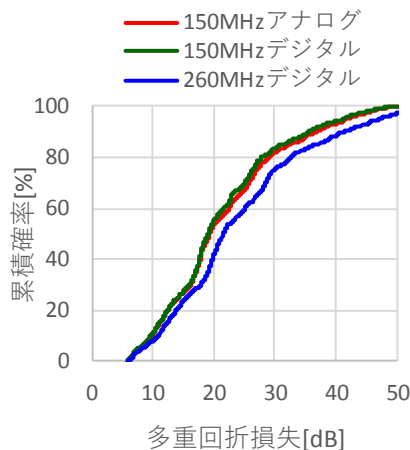


図 3-22 多重回折損失の累積確率分布

図 3-23 に山岳のルート 1~3 における受信電力の距離特性を示す。各受信電力は移動距離 1km 毎の中央値を示している。また、自由空間損失および多重回折損失を用いて推定した結果を併せて示す。

山岳の場合、150MHz においては 30km 以遠では自由空間損失モデルより受信電力が 20dB 程度低くなっている。260MHz においては自由空間損失モデルより受信電力が 10 ~20dB 程度低くなっており、場所によるばらつきが大きくなっている。山岳における受信電力の推定には、山岳回折による損失を見込む必要があると考えられる。

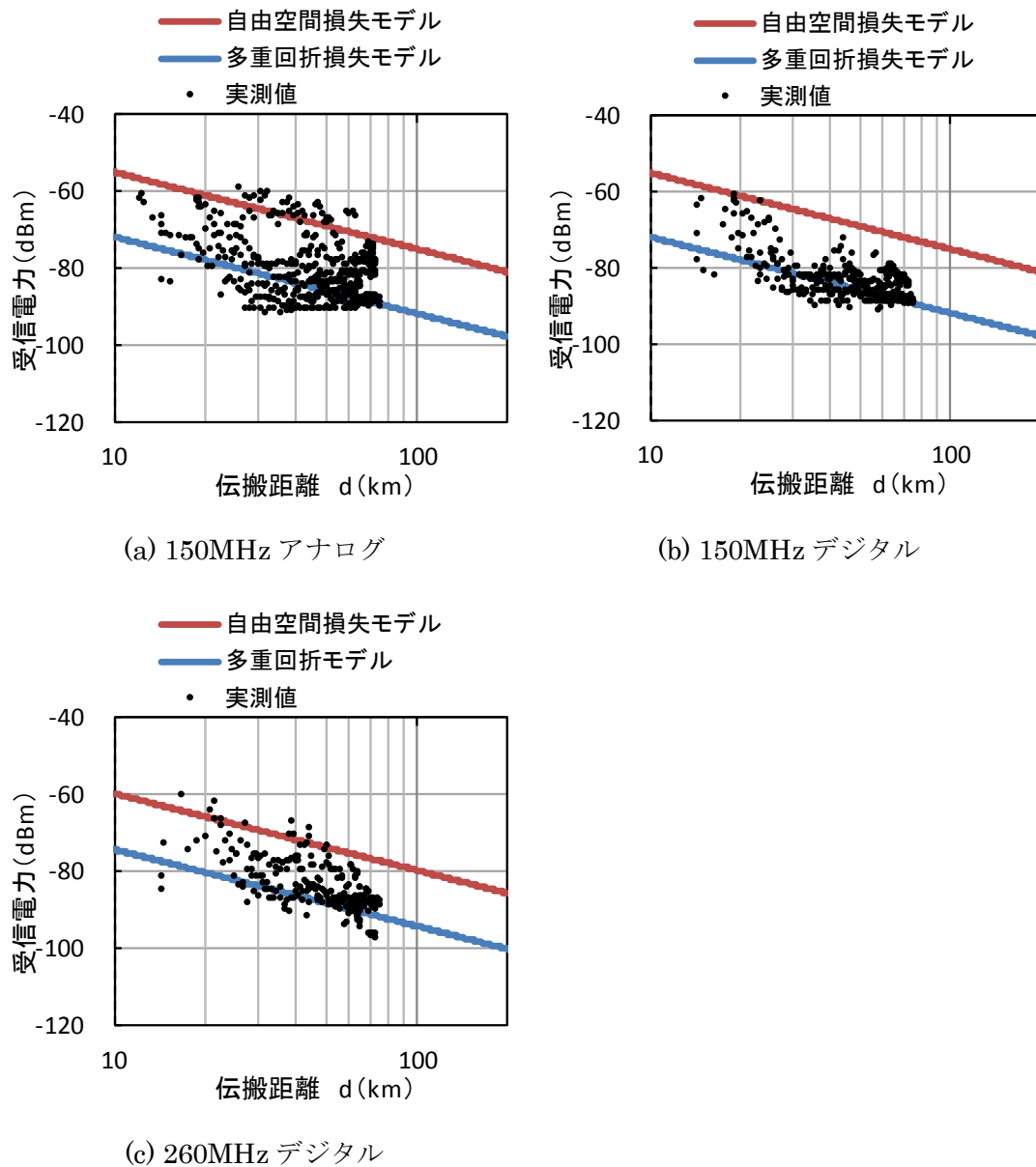


図 3-23 推定値との比較 (山岳)

(4) BER

図 3-24 に受信電力と BER の相関図を示す。ここで $BER=1$ とは、同期が確立されず BER を取得できなかった場合を表している。BER の測定間隔は 2 秒である。図中の各点は上空で取得した BER であり、点線は近似線である。近似では各乗数における受信電力の平均値 (図中の×) を算出し、指数近似を行った。また、図中の実線にラボ試験の結果を併せて示す。150MHz デジタルでは、ラボ試験よりも 20~30dB 以上高いレベルで誤りが発生しており、260MHz では、ラボ試験よりも 10~30dB 以上高いレベルで誤りが発生している。また、同じ BER においても、受信電力は 20dB 程度の幅があった。これ

らは、フェージングによる受信電力の瞬時変動やヘリの機体・計器からの雑音の影響が考えられる。

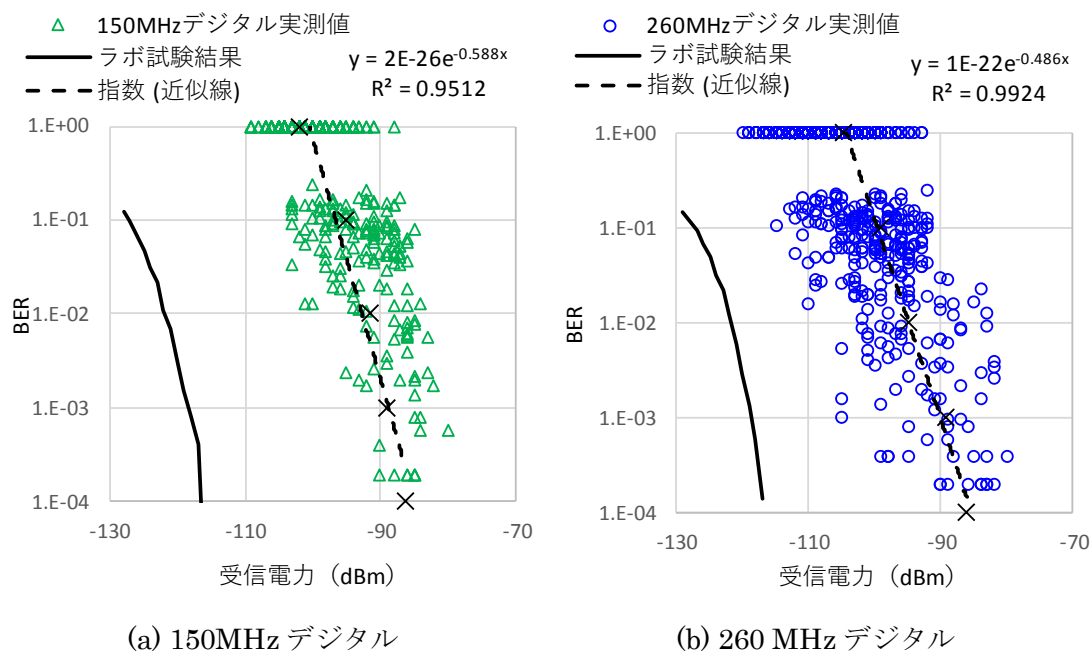
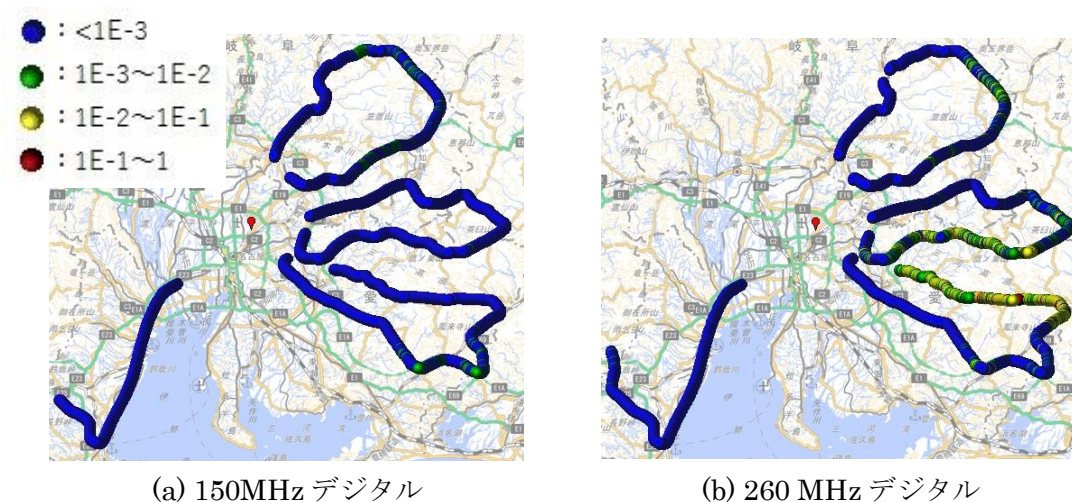


図 3-24 受信電力と BER の相関図

図 3-25 に上空における BER の変換値を色で分類して地図上に示す。変換値は受信電力と BER の相関から導出した近似式を使用し、受信電力から算出した。

150MHz については、ほとんどの場所で $BER < 1E-3$ の青となっているおり、データ伝送が可能と考えられる。260MHz については、150MHz と比較して山岳方面で誤りが多く発生しており、 $BER > 1E-2$ の黄の場所が多く見られた。

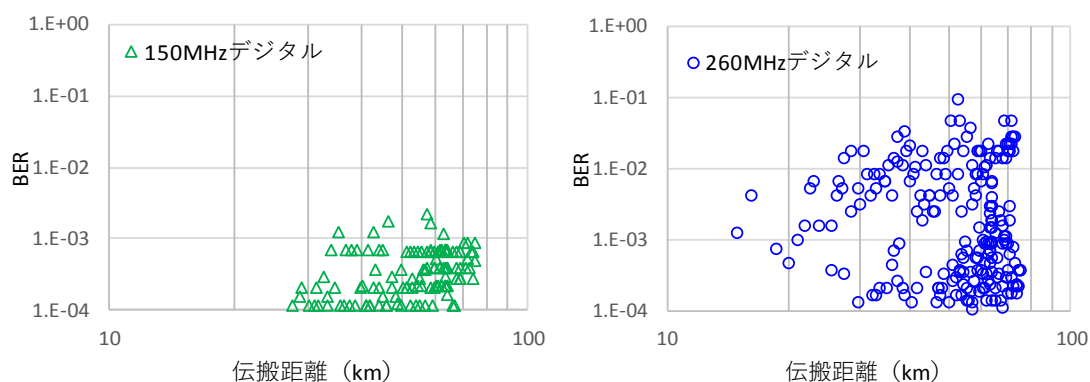


地理院地図（電子国土 web） <https://maps.gsi.go.jp/> を加工して使用

図 3-25 BER 変換値マップ

図 3-26 に BER 変換値の距離特性を示す。変換値は受信電力と BER 相関から導出した近似式を使用し、受信電力から算出した。

150MHz では、20km 以上の場所で誤りが発生し、 $BER=1E-4 \sim 1E-2$ となっている。80km 程度まで $BER=1E-2$ 以上とならず、誤り訂正によりデータ伝送が可能と考えられる。260MHz では、150MHz と比較して誤り率が高く、15km 以上の場所で $BER=1E-4 \sim 1E-1$ となっている。



(a) 150MHz デジタル

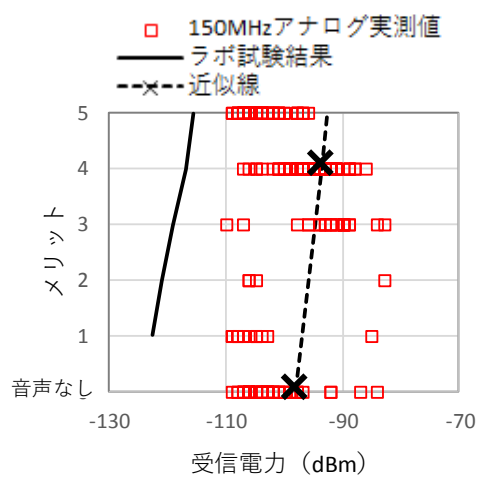
(b) 260 MHz デジタル

図 3-26 BER 変換値距離特性

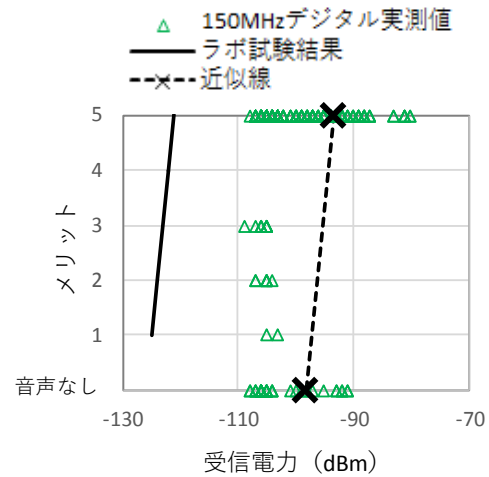
(5) 音声品質

図 3-27 に受信電力と音声品質の相関図を示す。図中の各点は上空で取得した音声品質であり、点線は近似線である。近似ではサンプル数の多いメリット (150MHz アナログの場合、音声なしとメリット 4、150MHz と 260MHz デジタルの場合、音声なしとメリット 5) における受信電力の平均値 (図中の×) を算出し、線形近似を行った。また、図中の実線にラボ試験の結果を併せて示す。

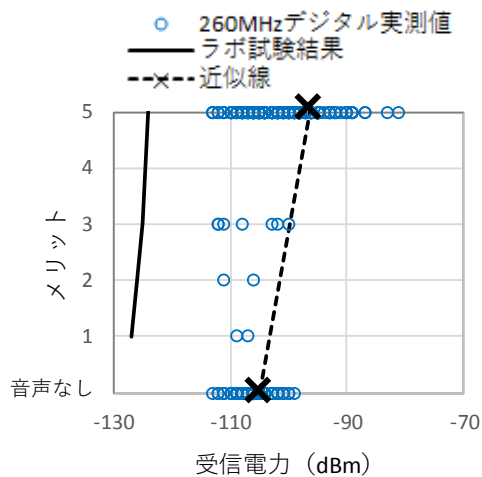
全体的にラボ試験よりも 10dB 以上高いレベルで音声品質が悪くなっている。150MHz アナログでは、同じメリットにおいても受信電力は 20dB 程度の幅があった。150MHz 及び 260MHz デジタルでは、ほとんどの結果がメリット 5 または音声なしであった。



(a) 150MHz アナログ



(b) 150MHz デジタル

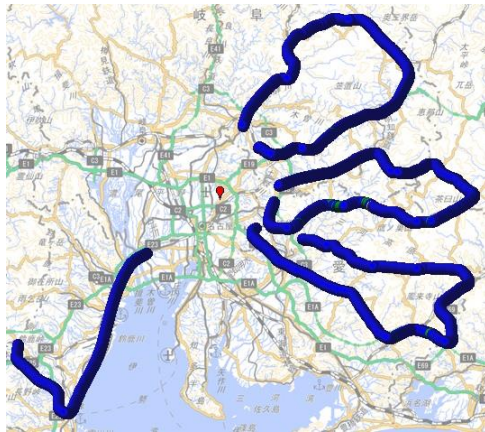


(c) 260MHz デジタル

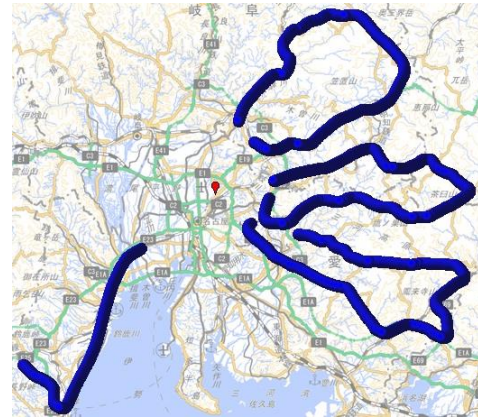
図 3-27 受信電力と音声品質の相関図

図 3-28 に音声品質の変換値を色で分類して地図上に示す。変換値は受信電力と音声品質の相関から導出した近似式を使用し、受信電力から算出した。

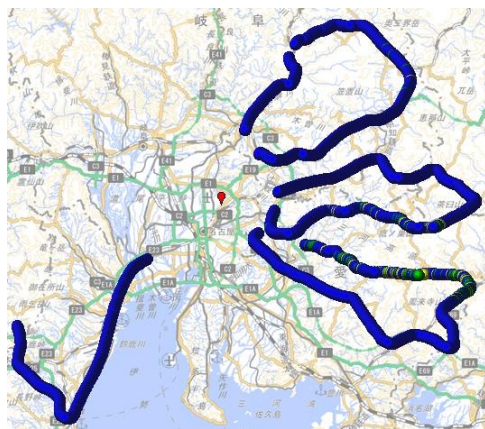
150MHz アナログでは、全体的にメリット 5 の青となっているが、山岳方面でメリット 4 の緑色も見られる。150MHz デジタルでは、ほとんどの場所でメリット 5 の青となっており、音声通話が可能であると考えられる。260MHz デジタルでは、山岳方面でメリット 2～3 の緑が見られ、音声途切れる場所があると考えられる。



(a) 150MHz アナログ



(b) 150MHz デジタル



(c) 260MHz デジタル

- : メリット 5
- : メリット 4
- : メリット 3,2
- : メリット 1,音声なし

地理院地図（電子国土 web）

<https://maps.gsi.go.jp/>を加工して使用

図 3-28 音声品質変換値マップ

図 3-29 に音声品質変換値の距離特性を示す。変換値は受信電力と音声品質の相関から導出した近似式を使用し、受信電力から算出した。

150MHz アナログでは、20km 以上の場所においてメリットが 4～2 に変動している。150MHz デジタルでは、80km 程度までメリット 5 となり、音声通話が可能と考えられる。受信電力の測定間隔は 2 秒であり、フェージングによる瞬時変動が取得出来ない場合もある。これにより、受信電力が低下しないため、150MHz デジタルの音声品質変換値の劣化は表れていないと考えられる。260MHz デジタルでは、20km 以上の場所においてメリットが 4～1 に変動している。

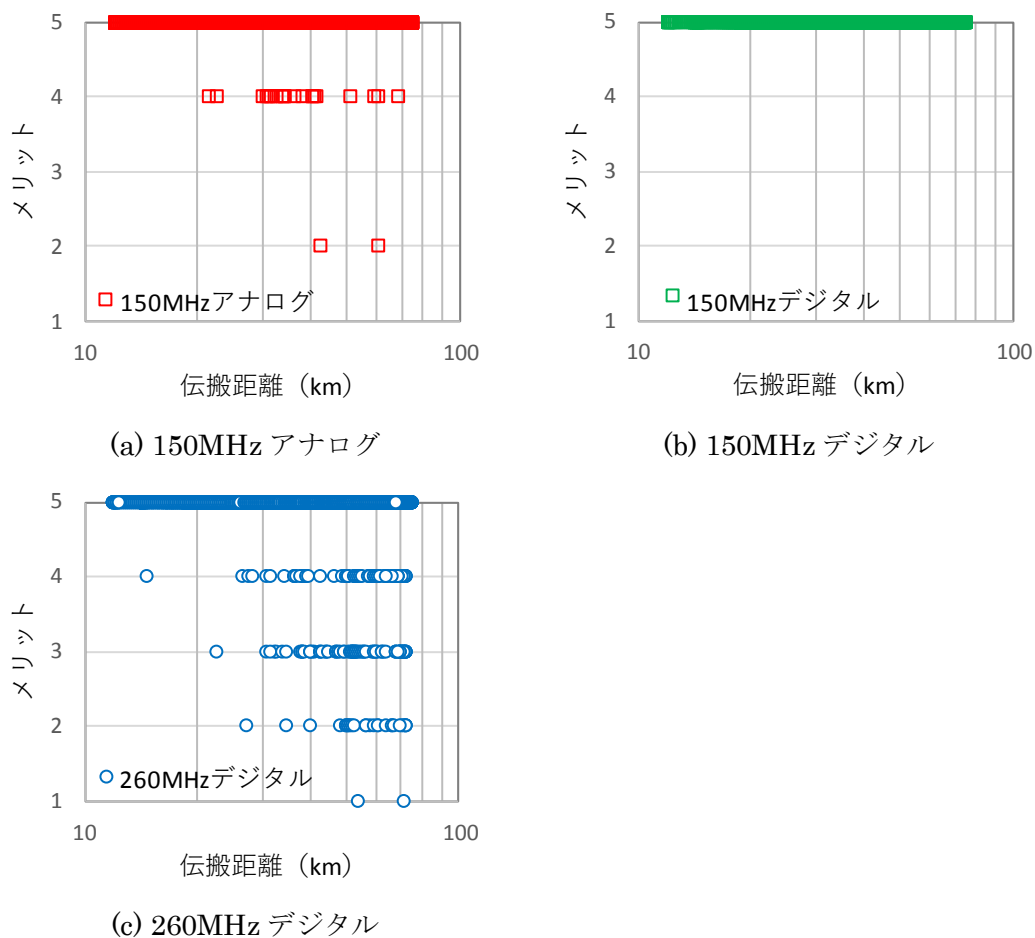


図 3-29 音声品質変換値距離特性

図 3-30 に各システムにおける音声品質の頻度特性を示す。150MHz において、アナログではメリット 4 の頻度が最も高く、デジタルではメリット 5 の頻度が最も高くなっている。変調方式で比較すると、アナログよりデジタルの方が音声品質は良い傾向が表れている。周波数で比較すると、260MHz では音声なしの頻度が高くなっており、150MHz の方が音声品質は良い傾向が表れている。

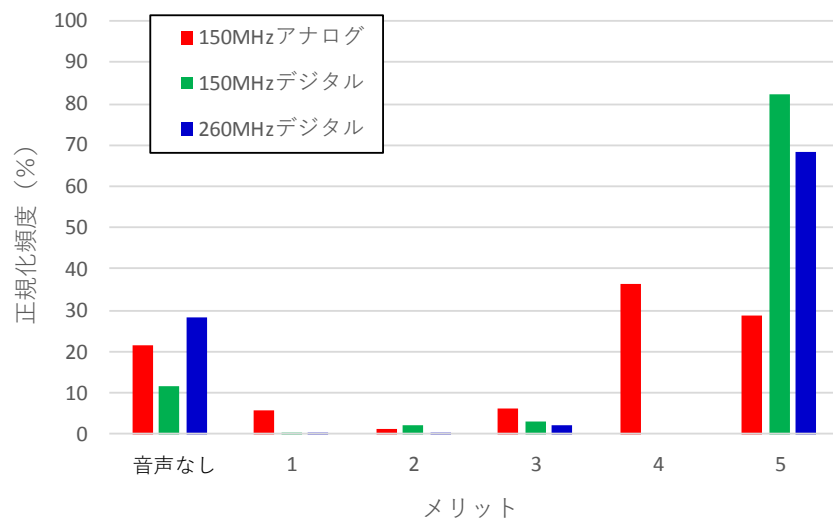


図 3-30 音声品質の頻度特性

3.4.3 データ伝送試験

(1) 測定ポイント

図 3-31 にデータ伝送試験を実施した測定ポイントと周辺状況を示す。道路周辺の駐車場に試験機器を搭載した車両を停車し、データを取得した。表 3-13 に各ポイントの送信局からの距離、受信電力及び BER を示す。送信局からの距離を 1～10km 程度とし、距離を変えてデータを取得した。



地理院地図（電子国土 web） <https://maps.gsi.go.jp/> を加工して使用

図 3-31 データ伝送試験測定ポイント

表 3-13 各測定ポイントにおける取得データ

ポイント	距離	150MHz デジタル		260MHz デジタル	
		受信電力	BER	受信電力	BER
2	1.91km	-92 dBm	0	-86 dBm	0
3	3.26km	-91 dBm	0	-92 dBm	0
4	5.06km	-96 dBm	5E-4	-109 dBm	0
5	5.82km	-101 dBm	0	-96 dBm	0
6	7.49km	-106 dBm	2E-3	-101 dBm	0
7	8.54km	-101 dBm	2E-4	-112 dBm	1.5E-3

（2）試験結果

図 3-32 に送信データサイズと伝送時間の関係を示す。図中には、ラボ試験で取得したデータを併記した。

フィールド試験結果はラボ試験結果とほぼ同等であった。送信起動時間やアイドルフレーム送信等の接続準備に 2 秒程度かかり、1KB あたりの伝送時間は約 4.5 秒すなわち 0.22KB/sec となった。これより、屋外において 1.78kbit/sec=1780bps の実効伝送速度を達成できることが確認された。150MHz と 260MHz を比較し、データサイズと伝送時間の関係は周波数に関わらず同等であった。

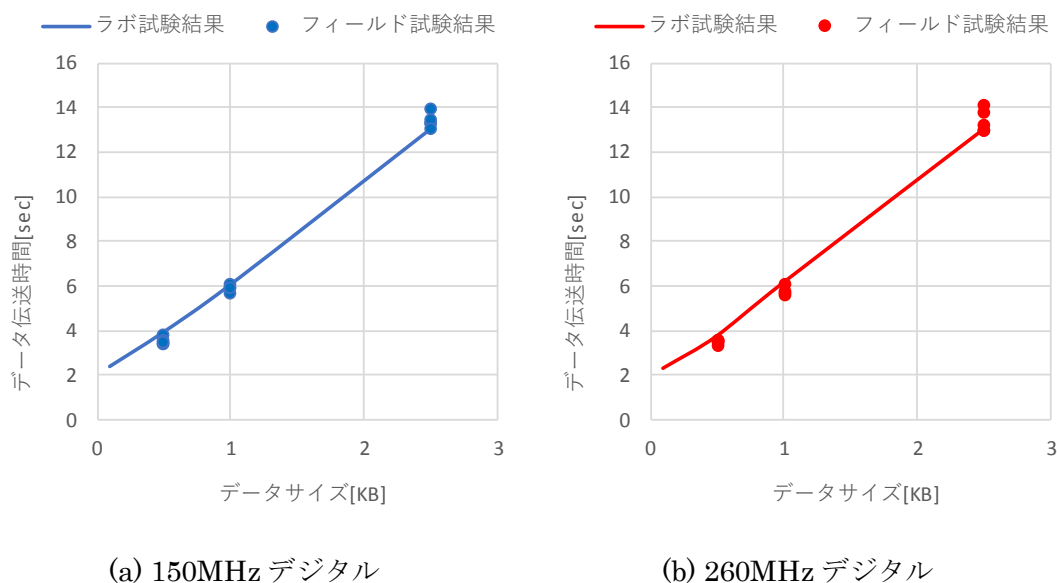


図 3-32 データサイズと伝送時間の相関図

表 3-14 に各種データ量に対する送信時間を示す。送信時間は、本検討で使用した試験装置の実効伝送速度から算出した。

患部写真を含め医療情報画像を伝送することを考えた場合、データサイズが仮に 10KB とすると、約 45 秒程度の伝送時間が見込まれる。データサイズが小さい画像情報、もしくはテキストや数値の情報であれば実用性も検討しうる結果となった。

表 3-14 各種データにおける送信時間

データ	データ量	1 回の送信時間
モニタデータ	数百 B～数 KB	0.9～18 秒
画像	1.5～20KB	6.7～90 秒
ショートメッセージ	100B 程度	0.5 秒
GPS	100B 程度	0.5 秒

3.4.4 フィールド試験まとめ

■受信電力

- ・上空における電波伝搬試験の結果、150MHz デジタルの受信電力の距離特性は、現行のアナログとほぼ同等であった。
- ・260MHz において、150MHz と比較すると全体的に受信電力は低くなる傾向であった。
- ・受信電力の距離特性において、シミュレーションとの比較では、約 40km までは自由空間損失モデルに近く、それ以降の距離では球面大地による回折モデルに近づく傾向が見られた。
- ・球面大地による回折モデルによる伝搬損失の推定については、取得データ量等々の関係から、十分な考察に至っていない。

■BER

- ・ラボ試験よりも 20dB 以上高いレベルで誤りが発生することがあった。これは、フェージングによる受信電力の瞬時変動やヘリの機体・計器からの雑音の影響が考えられる。
- ・受信電力からの BER 変換値において、150MHz デジタルでは、80km 程度まで $BER=1E-3$ 以上とならなかった。260MHz デジタルでは、80km 程度まで $BER=1E-1$ 以上とならなかった。

■音声品質

- ・ラボ試験よりも 10dB 以上高いレベルで音声品質が悪くなっていた。
- ・受信電力からの音声品質変換値において、150MHz デジタルでは、80km 程度までメリット 5 となり、安定した音声通話が可能となっている。150MHz アナログや 260MHz デジタルでは、20km 以上の場所において音声品質が低下している。
- ・150MHz について、アナログよりデジタルの方が音声品質は良い傾向が表れていた。
- ・デジタル方式において、260MHz より 150MHz の方が音声品質は良い傾向が表れていた。
- ・デジタル（4 値 FSK SCPC）方式を上空で使用した場合、通話エリアはアナログ（FM 方式）と同等に確保できる実証結果であった。

■データ伝送

- ・フィールド試験結果はラボ試験結果とほぼ同等であり、1780bps の実効伝送速度を達成できることが確認された。
- ・150MHz と 260MHz を比較し、データサイズと伝送時間の関係は周波数に関わらず同等であった。

3.5 通話可能エリアの検討

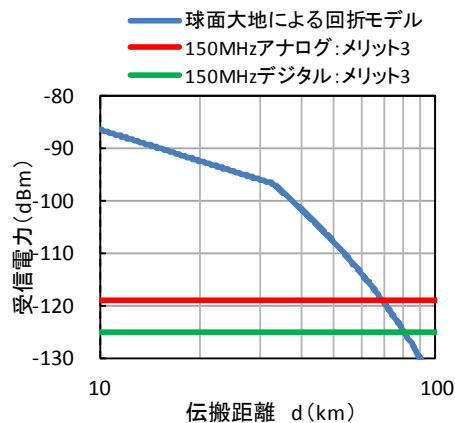
実証試験の結果より、基地局から送信した場合における通話可能エリアの検討を行う。表 3-15 に回線設計の諸元を示す。ここでの受信感度実測値は、今回の実証試験に使用した試験装置のメリット 3 における受信電力実測値であり、汎用的な装置の値である。また、実運用回線の設計においては、基地局の置局環境により、都市雑音電力等を考慮することが望ましい。

表 3-15 回線設計の諸元

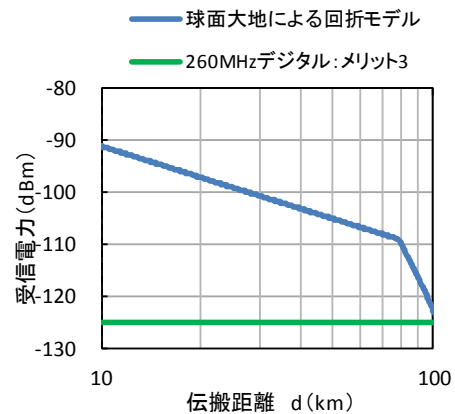
項目	150MHz アナログ	150MHz デジタル	260MHz デジタル
周波数	150MHz	150MHz	260MHz
送信出力	10W		
伝搬環境	平地・海上／山岳		
伝搬モデル	平地・海上：球面大地による回折モデル 山岳：多重回折モデル		
アンテナ利得	送信：2.15dBi 受信：2.15dBi		
送信アンテナ標高	40m		
受信アンテナ標高	450m		
多重回折損失	19dB	19dB	22dB
受信感度実測値*	-119dBm	-125dBm	-125dBm
機器マージン	6.0dB		
ケーブル損失	送信側：1.3dB 受信側：2.3dB		

*今回の実証試験に使用した試験装置のメリット 3 における受信電力実測値

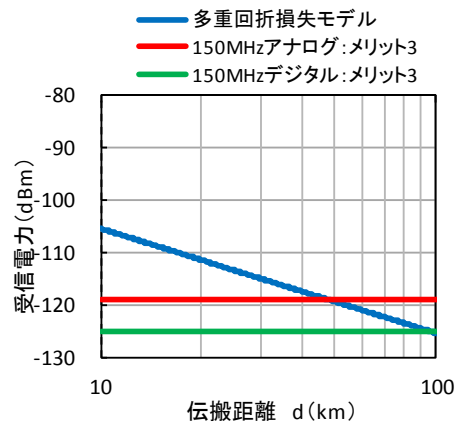
図 3-33 に各システムにおける受信電力の推定値を示す。図中には、ラボ試験において取得したメリット 3 における受信電力を併記する。推定値との交点が通話可能エリアの推定値となる。



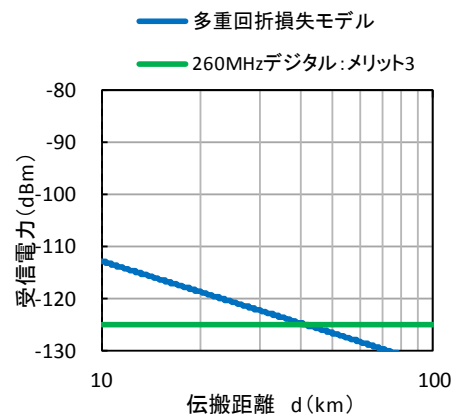
(a) 150MHz (平地・海上)



(b) 150MHz (平地・海上)



(c) 150MHz (山岳)



(d) 260MHz (山岳)

図 3-33 受信電力の推定値

表 3-16 に各システムにおける通話可能エリアの推定値を示す。いずれの伝搬路においても 150MHz アナログより 150MHz デジタルの方が通話可能エリアの距離は長くなっており、アナログからデジタルに移行した場合に、アナログ以上の通話エリアが確保できると考えられる。

ここでの通話可能エリアの推定値は、基地局から 10W で送信した場合における値である。ドクターヘリから送信する場合には、空中線電力は 1W となり、受信電力は 10dB 低くなるため、距離は短くなる。同等の距離を確保するためには、基地局の受信空中線の利得増、低ノイズ高利得塔頂増幅器による総合 NF 改善、あるいは、基地局受信ダーバースチ方式(最大比合成方式など)による所要受信入力電圧(電力)の低減などの方策が有効と考えられる。

また、平地・海上伝搬路において、260MHz の通話可能エリアが 150MHz よりも広がっている理由は球面大地における回折損失計算値による影響である。

表 3-16 通話可能エリア推定値

項目	150MHz アナログ	150MHz デジタル	260MHz デジタル
平地・海上	70km	81km	105km
山岳	48.5km	108km	47km

第4章 チャネルプラン及び移行計画

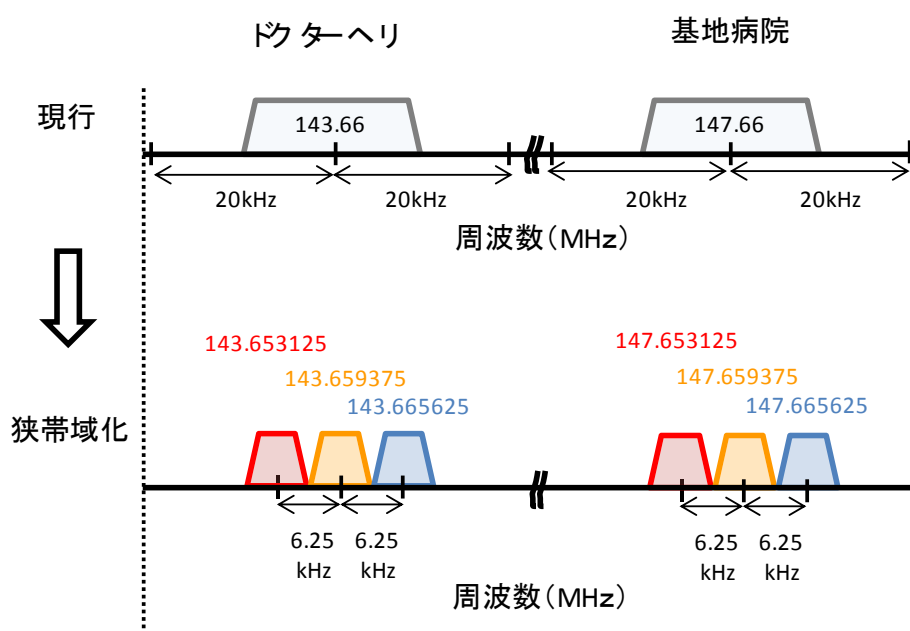
基地病院間において混信が生じない周波数割当（チャネルプラン）の検討を行う。実証試験により明らかとなった狭帯域デジタル無線の通信距離を考慮し、各基地局病院における周波数配置を検討した。図 4-1 にデジタル狭帯域化した場合の周波数配置のイメージを示す。現行のアナログ周波数を $f_1 \sim f_3$ に狭帯域化した場合、図 4-2 のチャネル割当のイメージに示すように各基地局病院の周波数配置を検討し、提案した。また、整理した現状と課題の結果から混信が生じない運用方式を検討した。

4.1 チャネルプランの検討

4.1.1 検討の方向性

狭帯域デジタル化により、使用可能なチャネルを増加させ、基地病院間において混信が生じないチャネルプランの検討を行う。また、混信が生じない運用方式を検討する。

図 4-1 に示すとおり、現行の 20kHz 間隔のチャネルを 6.25kHz 間隔の 3 チャネルに狭帯域化されると想定する。図 4-2 に 3 チャネルに狭帯域化された場合におけるチャネル配置イメージを示す。円の大きさは仮に半径 50km としている。同一チャネルが出来る限り重ならないように配置する必要がある。



※無線機の構成上、周波数は3.125kHzの倍数となることが多い。

図 4-1 周波数配置のイメージ



地理院地図（電子国土 web） <https://maps.gsi.go.jp/> を加工して使用

図 4-2 東海地域におけるチャネル配置のイメージ

4.1.2 必要チャネル数の検討

各基地病院からの規格感度 ($0\text{dB}\mu\text{V}$) となる位置までの距離を算出し、必要チャネル数の検討を行った。表 4-1 に基地病院から送信し、ヘリコプターで受信する場合における回線設計の諸元を示す。図 4-3 に受信電力推定値の距離特性を示す。同図より、規格感度との交点は 95km であり、規格感度となる場所は各基地病院から半径 95km のエリアである。但し、実際には地形・条件が異なるため、この限りではない。

表 4-1 回線設計の諸元

周波数	150MHz
送信出力	10W
伝搬環境（モデル）	平地・海上（球面大地による回折モデル）
アンテナ利得	送信：2.15dBi／受信：2.15dBi
送信アンテナ標高	50m
受信アンテナ標高	300m
機器マージン	6.0dB
ケーブル損失	送信側：1.3dB／受信側：2.3dB
規格感度	$0\text{dB}\mu\text{V}$ (-113dBm)
エリア半径	95km

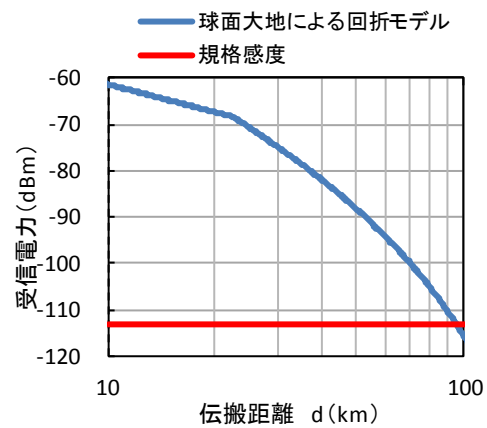
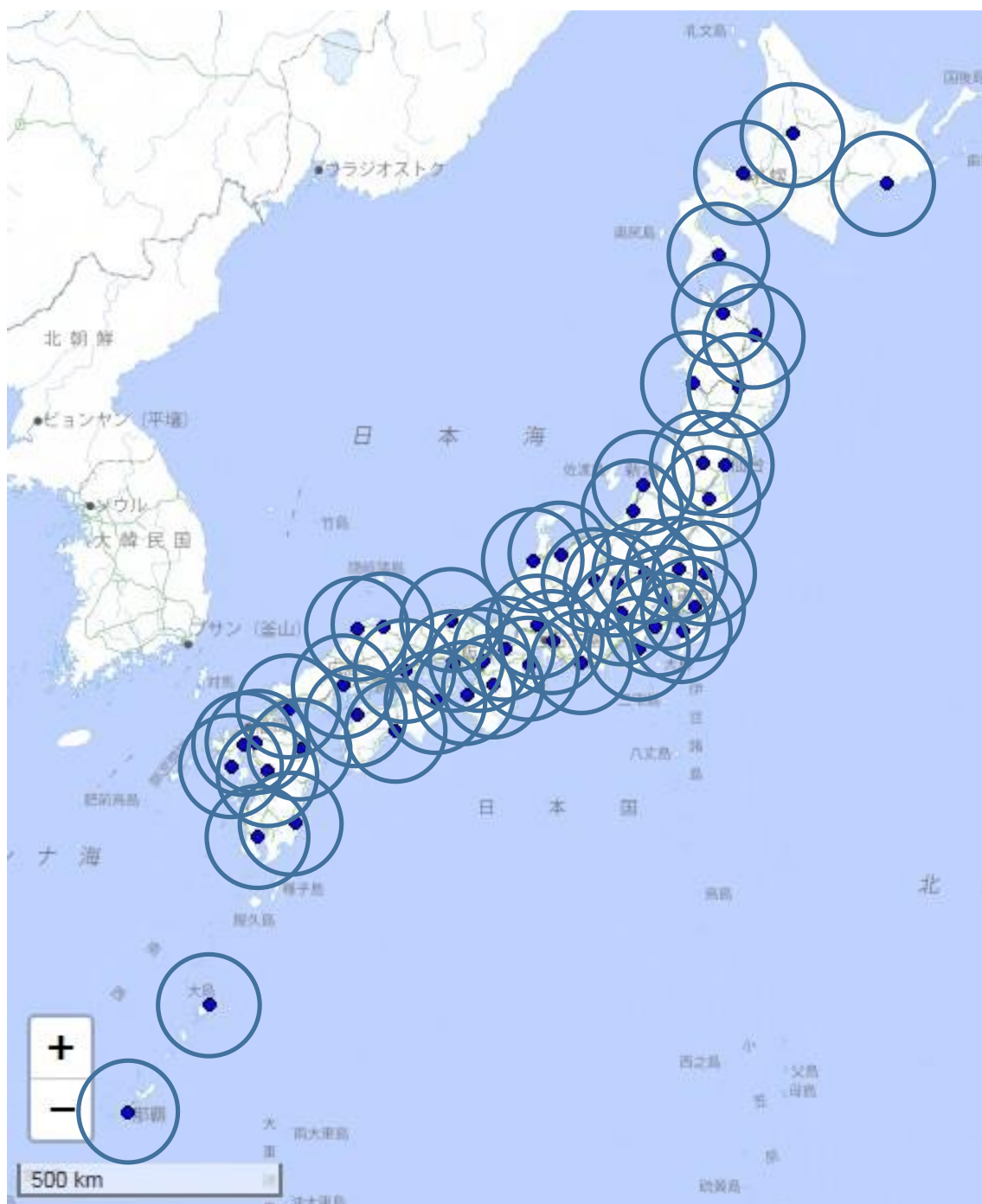


図 4-3 規格感度となる距離

図 4-4 に各基地病院において規格感度となるエリアを円で示す。円の半径は **95km** であり、円が重なり合っていることが分かる。重なり合うエリアにおいては、混信が生じるため、異なるチャネルを配置する必要がある。



地理院地図（電子国土web）<https://maps.gsi.go.jp/>を加工して使用

図 4-4 基地病院の規格感度エリア

図 4-5 に最も基地病院が密集している関東エリアにおけるチャネル配置の検討を示す。円の半径は **95km** である。同じチャネル（色）が重ならないように配置する場合、**9 チャネル** 必要ということが分かった。また、ドクターヘリの配備の検討においては、基地病院を中

心とした「飛行範囲円」の目安は、半径 50～70km 程度とされている⁶。この範囲 70km でチャンネル配置を検討した場合、必要なチャンネル数は 6 チャンネルとなった。但し、実際には地形・条件が異なるため、個々の場合について検討が必要である。



地理院地図（電子国土 web）<https://maps.gsi.go.jp/>を加工して使用

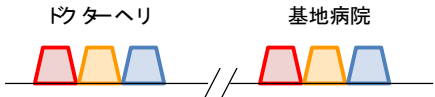
図 4-5 関東におけるチャンネル配置検討

⁶ 平成 20 年 8 月 厚生労働省 救急医療用ヘリコプターの導入促進に係る諸課題に関する検討会報告書

4.1.3 チャネルプラン

表 4-2 に想定されるチャネルプランを示す。同表に、現行の 2 周波単信をデジタル化するプランに加え、1 周波単信とするプランも挙げ、両プランのメリットや課題を整理した。

表 4-2 チャネルプラン

方式	2 周波単信（現行）	1 周波単信
イメージ		
メリット	・ 3 チャンネルとなり、混信が減る。 ・ デジタル化により、データ伝送が可能となる。 ・ 従来どおりの運用が可能。	・ 6 チャンネルとなり、混信が減る。 ・ デジタル化により、データ伝送が可能となる。 ・ 基地病院が密集するエリアでも混信が減る。
課題	・ 飛行場所により、混信の可能性が残る。 ・ 全国でのチャネル設計 ・ 音声とデータ伝送両立の運用方法 ・ 音声とデータチャネル割当の検討	・ ドクターヘリと基地病院の同時通話ができない。 ・ 基地病院とドクターヘリ間の運用方法 ・ 音声とデータ伝送両立の運用方法 ・ 音声とデータチャネル割当の検討
広域災害時	・ 共通チャネルを使用	・ 共通チャネルを使用 ・ 移行期間中は 2 周波単信方式とする。

4.2 移行計画の検討

4.2.1 検討の方向性

全国のドクターヘリに搭載される医療業務用無線のデジタル化及び高度化への移行計画を以下の内容を考慮して検討する。

- ・ デジタル周波数用のチャネルプラン
- ・ アナログ無線機器の更新時期や保守期限
- ・ アナログ無線機器の保守費用及びデジタル無線機器導入費用
- ・ アナログ／デジタルのデュアル方式無線機の利用
- ・ 移行中における広域災害時の対応

表 4-3 に移行線表のイメージを示す。

表 4-3 移行線表イメージ

	1年目	2年目	3年目				x年目
	アナログ方式			アナログ・デジタル混在			デジタル方式
技術的条件の審議	↔						
チャンネルプランの検討		↔					
運用方法の検討		↔					
デジタル方式への移行検討		↔					
無線機の開発・製造		↔					
修理改造設計、作業、検査等		↔					

設備更改のイニシャルコストを負担する道府県の財政状況は様々であり、一方で各基地病院に導入されているアナログ無線機器の更新時期や保守期限も不揃いであると考えられることから、アナログとデジタルが混在する移行期間は相当程度継続することが想定される。従って、移行期間においても利便性や品質等の低下がないような移行計画となるよう、以下の点に配慮したい。

3.3.6 項の干渉特性試験結果より、移行期間において、デジタル無線機器が選択するチャンネルによっては、アナログ無線機器のみで運用される現状よりも品質が劣化する可能性もある。図 4-6 に移行初期におけるチャンネル配置イメージを示す。移行初期段階においては、デジタルエリアはアナログエリアに囲まれており、アナログの妨害波の影響が大きい。従って、移行期間、特に周囲地域にアナログ機器が多く残存している移行初期段階においては、デジタルチャンネルは 3 分割後の中央チャンネルを避けて選択するなどの運用が求められる。(表 3-9 参照) また、完全デジタル化へのスムーズな移行に向けて、各基地病院のデジタル化計画を踏まえた全国のチャンネルプランの策定が望まれる。

デジタル/狭帯域化によって創出したチャンネル数に余裕がある場合、基地病院が新たに追加されることも想定したチャンネル配置としたい。

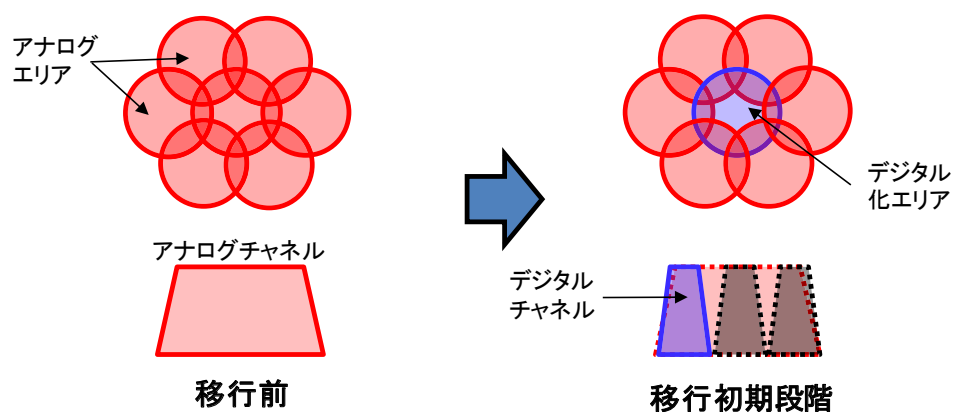


図 4-6 移行初期におけるチャンネル配置イメージ

4.2.2 広域災害時の対応

移行期間における広域災害時の対応を想定すると、全国もしくは応援協定を締結している全基地病院がデジタル方式に移行するまでの間、アナログ方式の設備を維持する必要がある。もしくは、アナログ・デジタルのデュアル方式無線機の導入も一つの選択肢と考えられる。デュアル方式導入にあたっては、設備更改におけるイニシャルコスト全体に占める無線装置コストの割合、アナログ設備の耐用期限、更には協定対象との連携した取り組み等も踏まえた検討が必要となる。

表 4-4 に移行期間における広域災害時の対応方法を示す。

表 4-4 広域災害時の対応

	ドクターヘリが アナログ方式の場合	ドクターヘリが デジタル方式の場合
基地病院が アナログ方式 の場合	・従来どおり	・アナログ方式を併用もしくはデュアル方式の切替 ・共通チャンネルを使用
基地病院が デジタル方式 の場合	・アナログ方式を併用しくはデュアル方式の切替 ・共通チャンネルを使用 (チャンネルプランにより変更)	・デジタル方式を使用 ・共通チャンネルを使用

第5章 提言

本調査検討会で実施したアンケートの結果及び実証試験の結果を踏まえ、医療業務用無線の高度化についての検討結果を以下に示す。

5.1 技術的条件（案）

医療業務用無線の技術的条件は、業務用無線等で普及している変調方式等を対象とし、次のとおり提案する。

5.1.1 一般条件

（1）通信方式

現行と同じとする。単向通信方式（携帯移動業務の無線局を除く。）、単信方式、半複信方式又は複信方式のいずれかであること。

（2）通信事項

現行と同じとする。医療業務に関する事項であること。

（3）電波型式

電波型式は、F1D、F1E とする。

（4）周波数配置

143.653125／143.659375／143.665625 MHz

147.653125／147.659375／147.665625 MHz

5.1.2 送信設備

（1）空中線電力

現行と同じとする。50W 以下

（医療業務用ヘリコプターに搭載する無線局の場合は、1W 以下）

（2）空中線電力の許容偏差

現行と同じとする。空中線電力の許容偏差（指定又は定格空中線電力からの許容することができる最大の偏差をいう。）は、上限 20%、下限 50%とすること。

（3）周波数の許容偏差

基地： ±2.5 （±0.5） ppm ※1

移動： ±2.5 （±2.0+A） ppm ※2

ここで、

※1：移動局の周波数基準となる基地局の場合。

※2：移動局の周波数基準を基準基地局（※1）に追従させて使用する基地局についての規格であり、Aは基準基地局の周波数の偏差とする。

(4) 変調方式

変調方式は 5.1.1 (3)に規定する電波型式に適合する変調方式であること。

(5) 周波数偏移

周波数偏移は規定しない。

(6) 占有周波数帯幅の許容値

5.8kHz

(7) チャンネル間隔

6.25kHz

(8) スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

(ア) 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値

帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は $2.5\mu\text{W}$ 以下、又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値。ただし、1W 以下の無線局の場合は $25\mu\text{W}$ 以下とすること。

(イ) スプリアス領域における不要発射の強度の許容値

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は $2.5\mu\text{W}$ 以下、又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値。ただし、1W 以下の無線局の場合は $25\mu\text{W}$ 以下とすること。

(9) 隣接チャネル漏えい電力

搬送波の周波数から 6.25kHz 離れた周波数の $(\pm)R$ (R は、2kHz とする) の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より 55dB 以上低い値又は $32\mu\text{W}$ 以下の値であること。ただし、1W 以下の無線局の場合は 45dB 以上低い値であること。

5.1.3 受信設備

(1) 感度

規格感度が 0dB ($1\mu\text{V}$ を基準とする。) であること。つで

(2) スプリアス・レスポンス

規格感度より 3dB 高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、妨害波を加えたとき、ビット誤り率が 100 分の 1 となるときのその妨害波入力電圧と規格感度との比が 53dB であること。

(3) 隣接チャネル選択度

規格感度より 3dB 高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、6.25kHz（チャネル間隔が 6.25kHz の場合に限る。）離れた符号長 32、767 ビットの 2 値疑似雑音を繰り返す信号で変調された妨害波を加えた場合において、ビット誤り率が 100 分の 1 となるときのその妨害波入力電圧と規格感度との比が 42dB であること。

(4) 相互変調特性

規格感度より 3dB 高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、希望波から 12.5kHz（チャネル間隔が 6.25kHz の場合に限る。）離れた変調のない妨害波及び 25kHz（チャネル間隔が 6.25kHz の場合に限る。）離れた変調のない妨害波を加えた場合において、ビット誤り率が 100 分の 1 となるときのその妨害波入力電圧と規格感度との比が 53dB であること。

(5) 副次的に発する電波等の限度

副次的に発する電波等の限度は、4nW 以下であること。

5.2 今後の検討課題

(1) 共通チャネル

広域災害発生時における応援時の通信確保のため、共通チャネルを設けることが必要である。このため、全国の基地病院の状況を踏まえた移行計画を策定することが望まれる。

(2) 相互接続性

広域災害時の対応を想定すると、相互接続性が重要である。1つの製造事業者で構築されている場合は問題ないが、複数ユーザーでの利用等の際には、相互接続性の確保が重要である。デジタル無線では、音声通信だけの単機能であっても相互接続性なしに通話は成立しない。各製造事業者が標準規格化された無線区間のインタフェースに準拠することで、独自にアプリケーション（機能）を構築可能とする仕組み造りが求められる。これらについては、民間標準規格（例えば、ARIB 標準規格など）の策定あるいは現行の標準規格を活用する等による対応が期待される。

(3) 費用負担

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線のデジタル化においては、設備更新が必要であり、その費用は数千万円以上である。莫大な費用となるため、費用負担について公的支援等の検討が必要である。

付 属 資 料

付属資料一覧

付属資料 1		付 1
開催要綱		
付属資料 2		付 3
構成員名簿		
付属資料 3		付 4
開催経過		
付属資料 4		付 5
アンケート結果詳細		
付属資料 5		付 9
実証試験結果		
付属資料 6		付 13
多重回折計算		
付属資料 7		付 16
用語解説		

平成 30 年 9 月 5 日

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の高度化に関する調査検討会 開催要綱

1 趣旨・目的

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線は、基地病院との間において、医師たちの応急体制の準備や病院での処置体制を整える上で必要となる現場や傷病者の状況を逐一連絡するために使用されている。しかし、広域災害や事故等複数の事案が発生した場合、隣接する県のドクターヘリが出動するため、通信に混信が発生し、更に、高度上昇により混信が発生する範囲も急激に拡大することになる。ところが、現在は、150MHz 帯アナログ（2周波単信方式）の1チャンネルのみであり、傷病者のバイタルデータなども医師達の手を介した上で音声により送信しなければならないため、ドクターヘリと基地病院間で十分な情報共有が出来ないことがあることから、他に使用可能な周波数や情報共有手段の確保への要望が寄せられている。

そこで、これらの課題を解決するため、医療業務用無線の狭帯域のデジタル化やデータ伝送システムについて必要な技術的条件等の検討を行い、電波の有効利用の促進に資することを目的とする。

2 調査検討会の名称

本会は、「ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の高度化に関する調査検討会」（以下「検討会」という）と称する。

3 調査検討内容

- (1) ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の現状と課題
- (2) ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の高度化に適した技術的条件等
 - ① 狭帯域デジタル化による電波伝搬状況に関すること
 - ② バイタルデータなどの情報共有を可能とするデータ伝送システムに関すること
 - ③ ①及び②で検討した内容を踏まえた実証試験の実施内容及び方法に関すること
- (3) デジタル用周波数のチャンネルプラン（周波数、出力及び数）及び通信方式に関する
と
- (4) デジタル化及び高度化への移行計画に関すること
- (5) その他、目的の達成に必要な事項

4 構成及び運営

- (1) 検討会の構成員は、別紙 1 のとおりとする。
- (2) 検討会には、座長を置く。座長は構成員の互選により選出する。
- (3) 座長は、検討会を招集し、主宰する。
- (4) 検討会に副座長を置くことができる。副座長は、座長が指名する。
- (5) 検討会の調査・検討を円滑に進めるため、検討会の下にワーキンググループを置くことができる。
- (6) 座長は、必要に応じて検討会にオブザーバーの参加を求めることができる。
- (7) その他、会の運営に必要な事項は調査検討会が定める。

5 報告

- (1) 座長は調査検討会の調査検討が終了したときは、その結果を東海総合通信局長に報告する。

6 開催時期等

- (1) 検討会の開催期間は、平成 31 年 3 月末までとする。
- (2) 検討会は、4 回程度実施する。

7 庶務

- (1) 検討会の開催については、東海総合通信局無線通信部企画調整課が主管する。
- (2) 検討会の事務局は、NTTアドバンステクノロジー株式会社が行う。

ドクターヘリに搭載される医療業務用無線の高度化に関する調査検討会
構成員

(五十音順、敬称略)

いしがき さとる
石垣 悟

日本無線株式会社 事業本部 事業統括部 担当部長

いまい ひろし
今井 寛

三重大学医学部附属病院・救命救急センター センター長・教授

おかだ ひらく
岡田 啓

名古屋大学 未来材料・システム研究所 准教授

おかもと えいじ
岡本 英二

名古屋工業大学 大学院 工学研究科 電気・機械工学専攻 准教授

おぐら しんじ
小倉 真治

岐阜大学大学院医学系研究科 救急・災害医学分野 教授

かとう かずえ
加藤 数衛

株式会社日立国際電気 ソリューション統括本部
ソリューション本部 技術総括

かのう ひでき
加納 秀記

愛知医科大学病院 救命救急科・救急診療部 教授

なかがわ かつひろ
中川 勝弘

アイコム株式会社 国内営業部 営業企画課
セールスエンジニアグループ 係長

にしむら ひでき
西村 英喜

中日本航空株式会社 航空事業本部 運航管理部 EMS 課 リーダー

はやかわ たつや
早川 達也

聖隷三方原病院 高度救命救急センター センター長

よこた まさひこ
横田 昌彦

セントラルヘリコプターサービス株式会社 顧問

わたりかわ ひろと
渡川 洋人

株式会社 JVC ケンウッド 無線システム事業部
国内システム開発部 シニアマネジャー

開催経過

1. 第1回会合

- 日時： 平成30年9月5日（水）14:00～16:00
場所： ウィンクあいち 12階 1209会議室
議事： ① 調査検討会の概要及びスケジュール（案）
② 医療業務用無線の現状と課題について
③ アンケート調査について
④ 実証試験について

2. 第2回会合

- 日時： 平成30年10月31日（水）14:00～16:00
場所： ウィンクあいち 12階 1209会議室
議題： ① 第1回検討会の議事録確認
② アンケート調査結果について
③ 実証試験の方法について
④ チャネルプラン及び移行計画の方針について

3. 第3回会合

- 日時： 平成31年1月15日（火）15:00～17:00
場所： ウィンクあいち 12階 1206会議室
議題： ① 第2回検討会の議事録確認
② 実証試験結果について
③ チャネルプラン及び移行計画について
④ 提言内容の検討について
⑤ 報告書骨子（案）

4. 第4回会合

- 日時： 平成31年3月1日（金）15:00～17:00
場所： ウィンクあいち 11階 1109会議室
議題： ① 第3回検討会の議事録確認
② 報告書（案）について

アンケート結果詳細

本文中に記載していない設問結果を以下に記す。

【医療従事者：設問 8】無線機に接続してデータを送信したい医療機器について結果を付表 4-1 に示す。

付表 4-1 医療機器一覧

モニター
人工呼吸器
除細動器
エコー
Media Rey

【医療従事者：設問 9】医療機器のデータ伝送速度について回答なし

【ドクターヘリ運航会社：設問 2】基地病院側の医療業務用無線機の諸元について結果を付表 4-2 に示す。

付表 4-2 無線局諸元

項目	基地病院		
空中線電力	10W		
空中線種別	ブラウン	八木	コリニア
空中線利得	2.15dBi	8.15dBi	5.15dBi
挿入損失	1.2～5.06dB（平均 3dB）		
空中線高	12～80m（平均 50m）		

【ドクターヘリ運航会社：設問 3】ドクターヘリ側の医療業務用無線機の諸元について結果を付表 4-3 に示す。

付表 4-3 無線局諸元

項目	ドクターヘリ
空中線電力	1W
空中線種別	ホイップ
空中線利得	2.15dBi
挿入損失	0～1.5dB（平均 1dB）

【ドクターヘリ運航会社：設問 7】 着陸場所について

結果を付表 4-4 に示す。

付表 4-4 着陸場所の特徴

- ・ 山間部が多く、一部で標高が高いところがある。
- ・ 山間部あり／半分は山間部
- ・ 比較的山間部、僻地が多い。
- ・ 標高が高い、山間、冬期の積雪。
- ・ 冬期は雪面が多い、山間
- ・ 標高が高い、山間、積雪が多い地域がある。
- ・ 火山の降灰によって堆積している、また浮遊する時がある。
- ・ 平野部の市街地、山間部、海岸地域と多岐にわたる。
- ・ 比較的山間部は少ない、僻地、洋上が多い。
- ・ グランド、公園、駐車場
- ・ 病院屋上、平野部と比較的標高の高い山間部や、谷間の離着陸場所
- ・ 現場直近多数。 冬期は雪原

【ドクターヘリ運航会社：設問 12】 ドクターヘリに積載できる医療業務用無線機一式の質

量および大きさについて

結果を付表 4-5 に示す。

付表 4-5 ドクターヘリに搭載できる無線機の大きさ

大きさ	178mm (W) ×230 mm (D) ×61 mm 以下
質量	3.5kg 以下

【ドクターヘリ運航会社：設問 13】 ドクターヘリに積載の医療業務用無線機に供給可能な

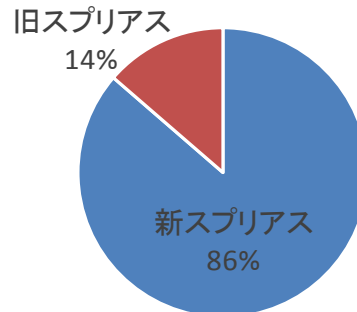
最大電力について

結果を付表 4-6 に示す。各電流は 13.8V 入力時における値である。

付表 4-6 無線機の電力

方式	送信時	受信時
アナログ	3.0A 以下	1.5A 以下
デジタル	1.8A 以下	0.9A 以下

【ドクターヘリ運航会社：設問 16】医療業務用無線機の新スプリアス規格対応について
結果を付図 4-1 に示す。



付図 4-1 スプリアス規格対応状況

【医療従事者：設問 5 及びドクターヘリ運航会社：設問 18】明瞭な音声通信が出来ないことがある場合の距離、場所等について
結果を付表 4-7 に示す。

付表 4-7 明瞭な音声通信が出来ない場所

- ・山間部、谷間、遠方
- ・沿岸部／洋上
- ・距離 30km 以上
- ・距離 50km 以上の上空
- ・離陸後 5 分経過後／10 分経過後

【医療従事者：設問 11 及びドクターヘリ運航会社：設問 20】混信の発生場面について
結果を付表 4-8 に示す。

付表 4-8 混信する場面

- ・隣県ドクターヘリが医療無線を使用している時
- ・隣県に飛行した際
- ・県境付近を飛行したとき
- ・他県ヘリが県境付近に出動してきた時

【医療従事者：設問 13 及びドクターヘリ運航会社：設問 22】その他、意見結果を付表 4-9 に示す。

付表 4-9 その他意見

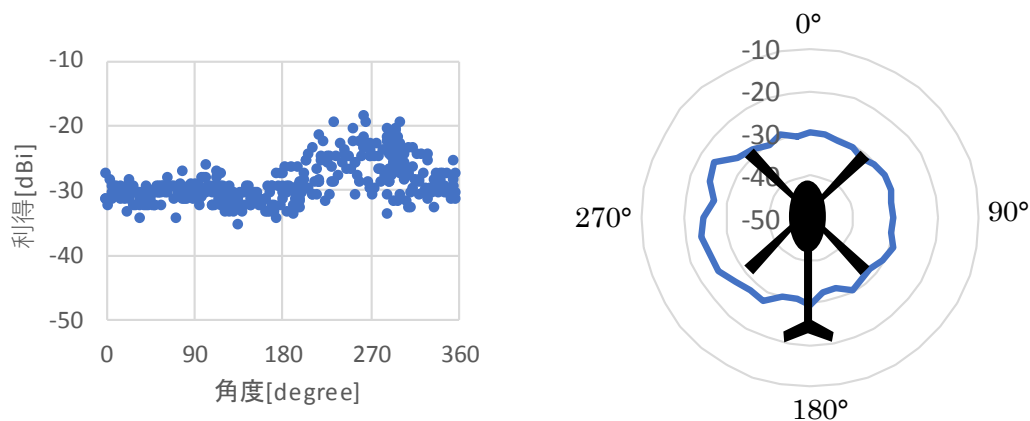
分類	意見
周波数	・周波数を増やしてもらいたい。 ・チャンネルを複数用意して、近隣県及び同一県内で複数のドクヘリが運航する場合には基地病院でチャンネルを分けて運用できるようにして頂きたい。 ・周波数を消防無線の統制波、主運用波のようにいくつか分けて欲しい。 ・デジタル化して周波数帯域が狭くなった分、混信対策のため消防無線の様に県単位又は基地病院単位の周波数及び全国共通の周波数の設定が欲しい。
方式	・一波単信であれば、上空のヘリコプター同士でも交信内容が確認でき、より活用しやすくなると思われる。
デジタル化	・デジタル化しても現状と同等の通話エリアとなるようにしてほしい。 ・不感地帯の拡大が予想されることから、デジタル化はしないほしい。 ・ヘリコプターの機内は非常に狭く、新たな無線機の設置スペースの確保が困難となっている。 ・資金面が厳しい状況であり、現行システムでできる事を模索して頂きたい。
その他	・位置情報伝送用の周波数を用意し、無線機に GPS からの位置情報を入力する事によって動態管理を行えるようにしたらどうか。 ・医療機器の遠隔での監視と操作が可能になることを期待しています。画像情報は必須になってくると考えられます。

実証試験結果

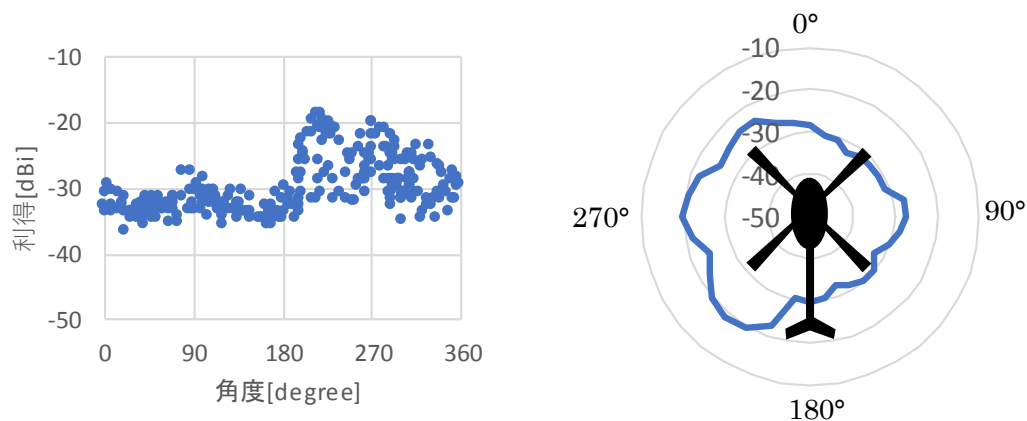
1. ヘリコプターのアンテナ指向性

付図 5-1 にヘリコプター内部に設置したアンテナの指向性を以下に示す。見通しのある場所で旋回してデータを取得し、自由空間損失との差分をヘリコプター内部に設置したアンテナの利得とした。10°毎に利得を算出し、受信レベルの補正に使用した。

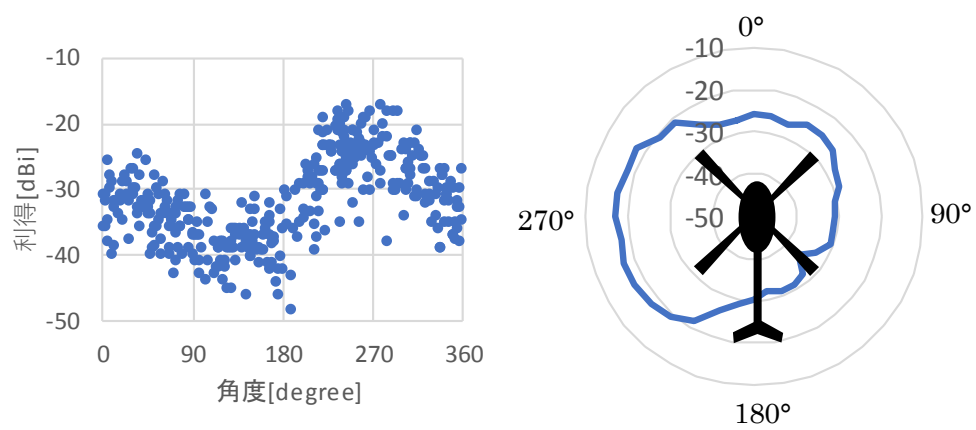
周波数や角度による差はあるが、利得は-20~-30dBi 程度であった。ヘリコプターの進行方向左側の窓にアンテナを貼り付けているため、左側の利得は高くなっている。



(a) 150MHz アナログ



(b) 150MHz デジタル

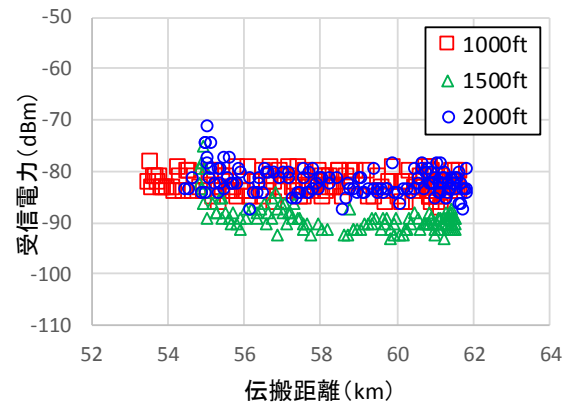


(c) 260MHz デジタル

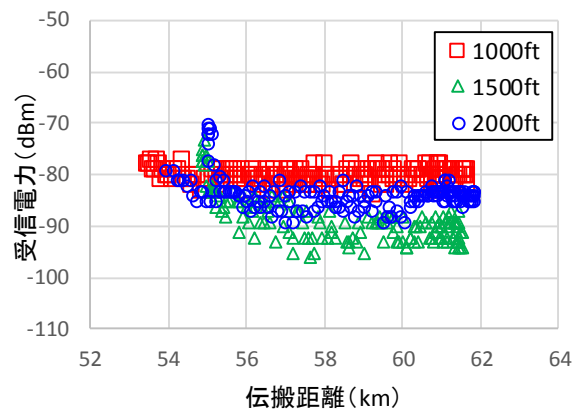
付図 5-1 ヘリコプターのアンテナ指向性

2. 飛行高度による伝搬特性

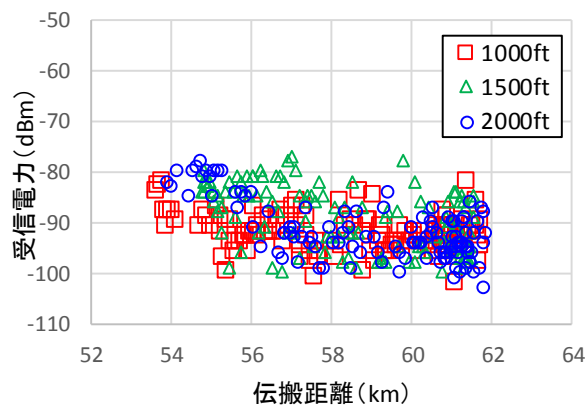
飛行高度を変えた場合における受信レベル及び符号誤り率の距離特性を示す。飛行高度による顕著な違いは表れなかった。



(a) 150MHz アナログ



(b) 150MHz デジタル

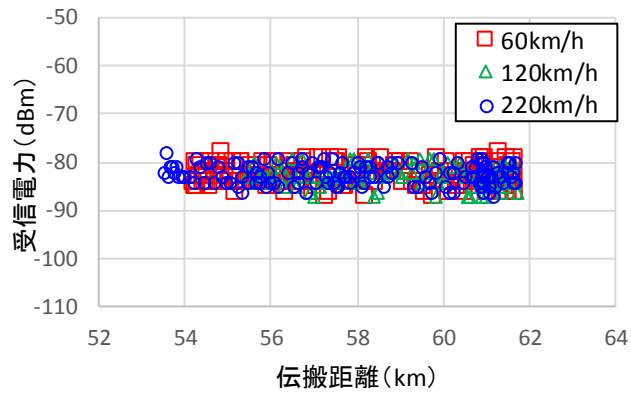


(c) 260MHz デジタル

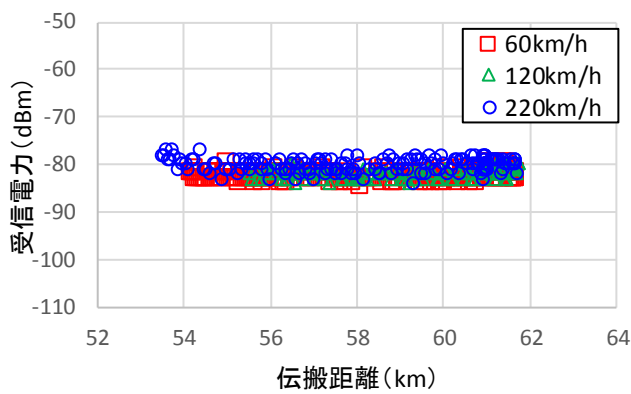
付図 5-2 飛行高度による伝搬特性

3. 飛行速度による伝搬特性

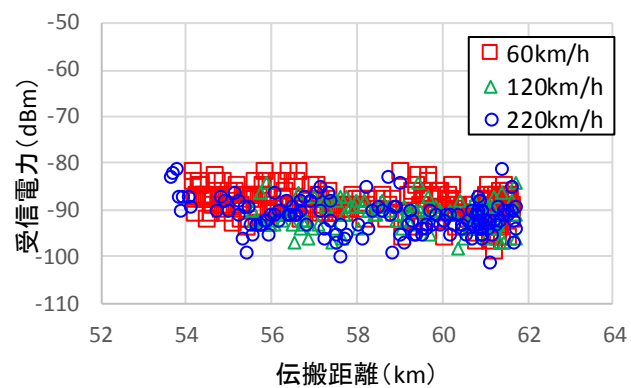
飛行速度を変えた場合における受信レベル及び符号誤り率の距離特性を示す。飛行高度による顕著な違いは表れなかった。



(a) 150MHz アナログ



(b) 150MHz デジタル



(c) 260MHz デジタル

付図 5-3 飛行速度における伝搬特性

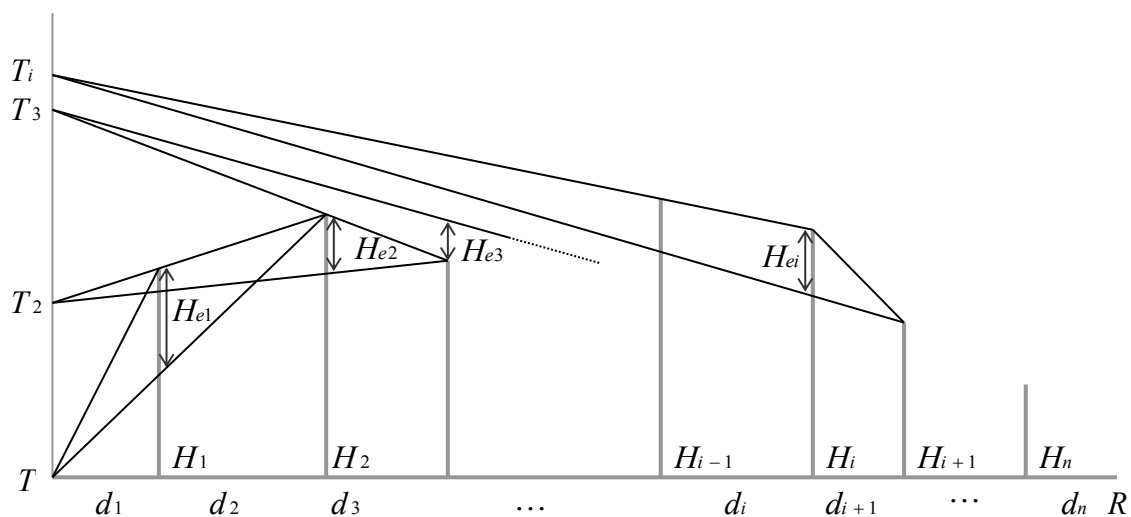
多重回折計算

多重回折計算^{7,8}は、各リッジでの回折角から求めるため、結果的に第 2 リッジ以後のリッジによる回折損失を第 i リッジ頂点と第 $(i-1)$ リッジ頂点とを結ぶ線と送信点位置との交点を仮送信点として求める方法である。即ち付図 6-1 に示すように、仮送信点から第 i リッジを回折して第 $(i+1)$ リッジ頂点に到達する電波の回折損失を求めることとなり、仮送信点から第 $(i+1)$ リッジ頂点に直接引かれた線からの第 i リッジ高を等価回折高 He_i として回折損失を計算し、第 n リッジまでの回折損失の dB 和から回折損失を計算する。この場合、各リッジでの回折損失を規定する等価回折高 He_i は各リッジ間距離を d_i 、リッジ高を H_i として以下の式(1)で表される。

$$He_i = \frac{(d_1 + \dots + d_i)(d_i + d_{i+1})}{d_i(d_1 + \dots + d_{i+1})} \cdot \left(Hi - \frac{d_i \cdot H_{i+1} + d_{i+1} \cdot H_{i-1}}{d_i + d_{i+1}} \right) \dots\dots\dots (1)$$

一方、第 i リッジの回折係数 p_i は以下の式(2)で計算できる。

$$p_i = \sqrt{\frac{2(d_1 + \dots + d_{i+1})}{\lambda \cdot d_{i+1}(d_1 + \dots + d_i)}} \cdot He_i \dots\dots\dots (2)$$



付図 6-1 電波研法による多重回折計算モデル

ここで伝搬路と周波数とで決まる各リッジの回折係数を t_i 、伝搬路におけるリッジの位置

⁷ 電波研究所季報 Vol.3 No.11 April 1957 VHF 山岳回折波電界強度の計算法 上杉弥兵衛

⁸ 電波伝ぱん 柿田潔著 昭和 34 年 9 月発行 (社)電気通信学会発行 (株)コロナ社販売

で決まるパラメータを m_i とすれば、それぞれの値は以下に示す式(3)、(4)より求められる。

$$t_i = \sqrt{\frac{2(d_1 + \dots + d_{i+1})}{\lambda \cdot d_{i+1}(d_1 + \dots + d_i)}} \cdot H_i \dots\dots\dots(3)$$

$$m_i = \sqrt{\frac{d_{i+1}(d_1 + \dots + d_{i-1})}{d_i(d_1 + \dots + d_{i+1})}} \dots\dots\dots(4)$$

これら t_i 、 m_i パラメータを用いて式(2)を変形すれば p_i パラメータは以下の式(5)となる。

$$p_i = (1 + m_i^2)t_i - m_{i+1} \cdot t_{i+1} - m_i \cdot t_{i-1} \dots\dots\dots(5)$$

この式を基に n 重回折電界強度は各リッジ回折損失(dB)の和として計算されることを考慮して、真値表現すれば以下の式(6)で表される。ここで具体的な計算にあたっては、伝搬路条件から m_l 、 t_0 、 m_{n+l} 、 $t_{n+l}=0$ と考えてよいことを考慮する。

$$P = \frac{1}{(2\pi^2)^{n/2} \prod_{i=1}^n p_i} \dots\dots\dots(6)$$

ここでは例として三重回折の場合の計算式を、式(5)を基に導出する。第 1～第 3 リッジによる p_1 、 p_2 、 p_3 は t_0 、 t_4 、 $m_l=0$ となることを考慮し最終的に以下の式(7)で求められる。

$$\begin{aligned} p_1 &= (1 + m_1^2)t_1 - m_2 \cdot t_2 - m_1 \cdot t_0 = t_1 - m_2 \cdot t_2 = u_0 - m \cdot v_0 \\ p_2 &= (1 + m_2^2)t_2 - m_3 \cdot t_3 - m_2 \cdot t_1 = (1 + m^2)v_0 - n \cdot w_0 - m \cdot u_0 \dots\dots\dots(7) \\ p_3 &= (1 + m_3^2)t_3 - m_4 \cdot t_4 - m_3 \cdot t_2 = (1 + m^2)t_3 - m_3 \cdot t_2 = (1 + n^2)w_0 - n \cdot v_0 \end{aligned}$$

ここで三重回折各リッジ間の距離とリッジ高とを d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 、 H_1 、 H_2 、 H_3 とすれば、積分領域を規定する u_0 、 v_0 、 w_0 、 m 、 n の各パラメータは以下の式(8)となる。

$$\begin{aligned}
 u_0 &= \sqrt{\frac{2(d_1+d_2)}{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}} \cdot H_1, & v_0 &= \sqrt{\frac{2(d_1+d_2+d_3)}{\lambda \cdot (d_1+d_2) \cdot d_3}} \cdot H_2 \\
 w_0 &= \sqrt{\frac{2(d_1+d_2+d_3+d_4)}{\lambda \cdot (d_1+d_2+d_3) \cdot d_4}} \cdot H_3 & & \dots\dots\dots(8) \\
 n &= \sqrt{\frac{(d_1+d_2) \cdot d_4}{(d_1+d_2+d_3+d_4) \cdot d_3}}, & m &= \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_3}{(d_1+d_2+d_3) \cdot d_2}}
 \end{aligned}$$

これらを基に三重回折電界強度を計算すれば式(7)より以下の式(9)で表される。

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{(\sqrt{2})^3 \pi^3 p_1 p_2 p_3} \\
 &= \frac{1}{(\sqrt{2})^3 \pi^3 (1+m^2)(1+n^2)(u_0 - m \cdot v_0) [v_0 - \{(n \cdot w_0 + m \cdot u_0)/(1+m^2)\}][w_0 - \{n \cdot v_0/(1+m^2)\}]}
 \end{aligned}$$

用語解説

4 値 FSK

4 値 Frequency Shift Keying (4 値周波数偏位変調) の略称。送信電波の周波数を変化させ、4 つの状態を作ることによって 00/01/10/11 のビット情報を送信する方式。

BER (Bit Error Rate)

デジタルデータの送受信における通信品質の指標の一つで、受信側で誤ったデータを受信する確率である。誤ったパケット／ビット数を受信した総パケット／ビット数で割ったものである。

D/U

希望波 (Desired Signal) と妨害波 (Undesired Signal) の比率。

PN9

PN とは Pseudo random Noise の略称で疑似ランダムノイズを意味する。9 は PN9 パターンを発生するビットシフト回路の段数で、PN9 パターンは 2 の 9 乗のデータ長 ($2^9 - 1 = 511$) で繰り返すパターン。

SCPC (Single Channel Per Carrier)

音声やデータ等の情報信号を伝送する。各チャネルのそれぞれに一つのキャリアを割り当てる方式。

SINAD (Signal to Noise And Distortion)

FM 方式の無線受信機の感度測定基準として用いられている値のことである。「信号 (signal)」「雑音 (noise)」「ひずみ (distortion)」の各要素の和に対する、「雑音」と「ひずみ」の和との比によって表される。単位は一般的にデシベル (dB) が用いられる。

信号を「S」、雑音を「N」、ひずみを「D」とすれば、SINAD は以下の式によって導かれる。

$$(S+N+D) / (N+D)$$

RSSI (Received Signal Strength Indication : 受信信号強度)

無線通信機器が受信する信号の強度を測定するための回路または信号のことである。

規格感度

通信に必要な基準を確保できる最小受信入力電力。基準感度(BER=1%となる受信機入力電圧をいう。)の規格値をいう。

周波数の許容偏差

発射によって占有する周波数帯の中央の周波数の割当周波数からの許容することができる最大の偏差又は発射の特性周波数の基準周波数からの許容することができる最大の偏差をいい、百万分率又はヘルツで表わす。

周波数偏移 (Frequency Deviation)

周波数変調における周波数変化の幅を示す。周波数変調においては、変調信号に対応して搬送周波数が変化する。変調信号入力がある場合の搬送周波数は、変調信号入力がない無変調時の搬送周波数からずれる。このずれの幅の周波数が周波数偏移である。周波数偏移を変調信号周波数で割った値を変調指数という。

占有周波数帯幅

搬送波を変調することで生じる電波の幅のこと。発射電波に許容される帯幅の値を占有周波数帯幅の許容偏差といい、ヘルツで表わされる。

単信

一方が送信している間もう一方は受信を行い、伝送方向が切替えられる通信方式。半二重通信 (Half Duplex)。

半複信

一方が単信方式、もう一方が複信方式である通信方式。

複信

双方が同時に送信できる通信方式。全二重通信 (Full Duplex)。