

1

# 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(概要版)

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

# 目次

## 第1章 現状と課題

ドクターヘリとは

医療業務用無線の課題

医療業務用無線の高度化

## 第2章 アンケート調査

調査概要

調査結果

## 第3章 実証試験

机上検討

ラボ試験

フィールド試験

## 第4章 チャンネルプラン及び移行計画

チャンネルプランの検討

移行計画の検討

## 第5章 提言

技術的条件

今後の課題

# はじめに

## 目的

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。

このような現状や課題を踏まえ、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。

## 実施内容

### 実施内容

- 狭帯域のデジタル化による電波伝搬状況の検証
- 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の検証
- デジタル用周波数のチャンネルプラン及び通信方式の検討
- 移行計画の検討

### まとめ

現状と課題、実証試験、から得られた結果を総合的に判断し、技術的条件等の策定に寄与できるまとめを実施

総務本省における技術的条件の策定

## 現状

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1-1に全国の基地病院配置状況を示す※1。また、大規模災害などで相互にドクターヘリを要請できる仕組みとして、多くの地域・府県の間で相互応援の取り組みが増加している。

ドクターヘリの運航は図1-2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。医療現場での実績や認知度の向上に伴い、図1-3 に示す通り、ドクターヘリの導入も着実に進んでおり、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※2。

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

※2 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1-1 基地病院の配置状況

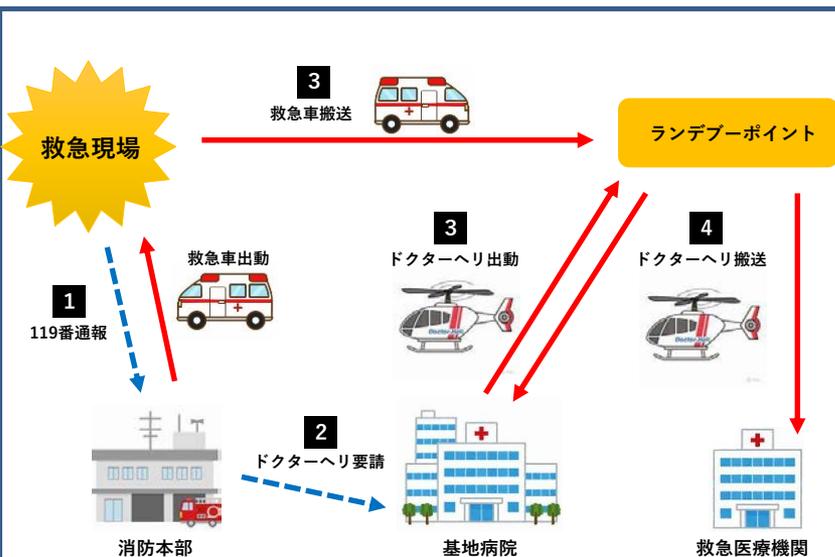


図1-2 ドクターヘリ出動の流れ

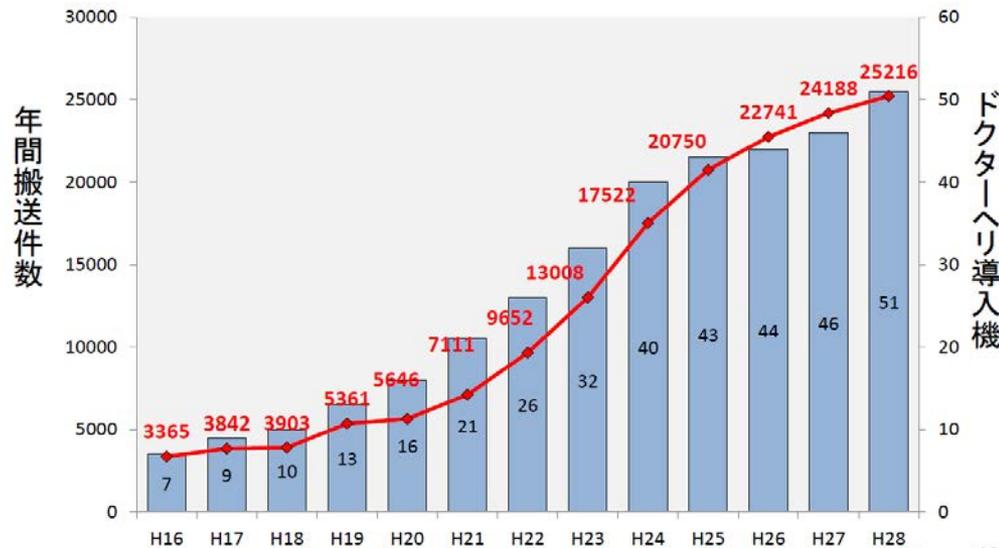


図1-3 ドクターヘリの導入と搬送件数の推移

## 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。

## 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

表1-1 電波法関係審査基準

項目	内容
無線局の種類	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陸上移動業務の無線局                             <ul style="list-style-type: none"> <li>A 基地局は、免許人所属の陸上移動局であること。</li> <li>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。</li> </ul> </li> <li>・携帯移動業務の無線局                             <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul> </li> </ul>

表1-2 割当周波数

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

## 概要

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の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。

アンケート実施期間は2018年9月19日から2018年10月9日であり、回答数は67件であった。図2-1に回答者の割合を示す。なお、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り、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。

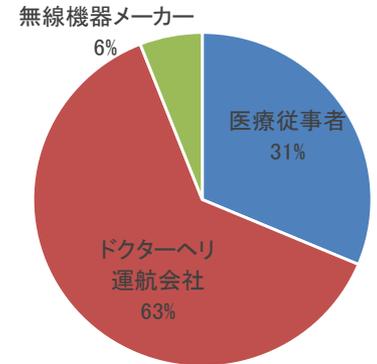


図2-1 回答者の割合

## 調査結果

項目	内容
使用状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1回の出勤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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
運航状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年間の現場出勤回数は120～2000回以上であり、平均すると447回である。</li> <li>・飛行距離の平均値は、平均37km、最大115km</li> <li>・飛行時間の平均値は、平均15分、最大46分</li> </ul>
設備更新	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無線局免許、検査無線機に関する作業に4.5か月</li> <li>・機体へ搭載するための作業に8か月</li> <li>・手続きにかかる費用は数千万円</li> </ul>
問題点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不感地帯がある。山間部等で通信が出来ない。</li> <li>・周波数が1波のみのため、近隣県と混信する。</li> </ul>
今後の要望	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>

## 概要

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。

## 実証試験項目

実証試験で実施した試験項目を表3-1に示す。

表3-1 試験項目

試験項目	内容	
机上検討	試験機器構成	受信電力、符号誤り率、通話品質、位置情報、データ伝送時間の測定方法の検討
	データ取得方法	各種データの記録方法の検討
	飛行ルート	ヘリコプターの飛行ルートの検討
ラボ試験	単体試験	無線機の受信電力を変化させながら受信信号強度(以下、RSSI)、符号誤り率(Bit Error Rate以下、BER)、音声品質を測定し、試験装置の受信感度を確認する。
	干渉特性	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
フィールド試験	電波伝搬試験	地上から送信した電波をヘリコプターで受信し、上空における受信信号強度(RSSI)、符号誤り率(BER)、音声品質を取得する。
	データ伝送試験	送信基地局から送信した電波を車両に設置した受信機で受信し、データ伝送特性を取得する。

## 実験機の諸元

実証試験で使用した機器の諸元を表3-2、機器の外観を図3-1に示す。

表3-2 試験機器諸元

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



図3-1 機器の外観

## 音声評価方法

表3-3 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。

## 単体試験(受信感度)

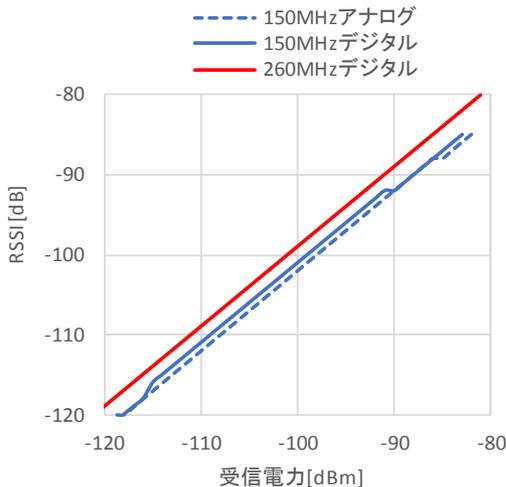
図3-2に試験結果を示す。

■ 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。

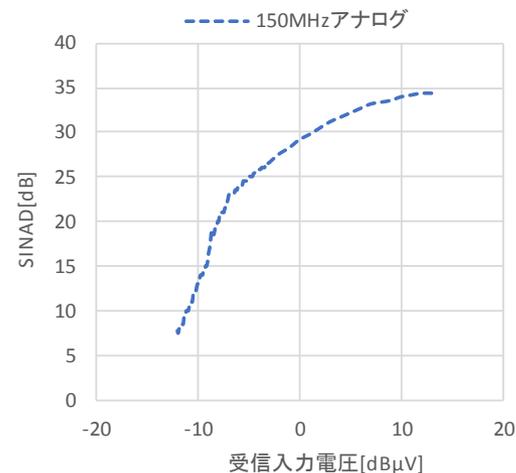
■ 図(b)において、150MHzアナログの場合、SINAD=12dBとなる受信入力電圧は、 $-10\text{dB}\mu\text{V}$  ( $-123\text{dBm}$ )であった。

■ 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 $-122\text{dBm}$ (BER=1%)であった。

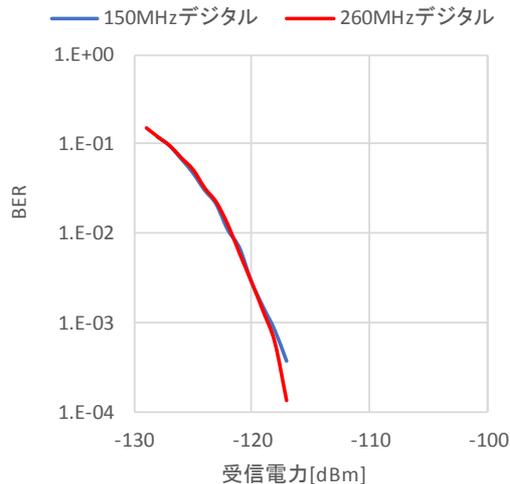
■ 図(d) 受信電力-音声品質より、現行のFM方式無線機において一般に受信感度(SINAD=12dB)付近の音質と考えられているメリット3と比較すると150MHzアナログの場合には $-119\text{dBm}$ であり、150MHzデジタル及び260MHzデジタルの場合には $-125\text{dBm}$ であった。デジタルの方が6dB低くなっており、より遠くまで通話が可能と考えられる。



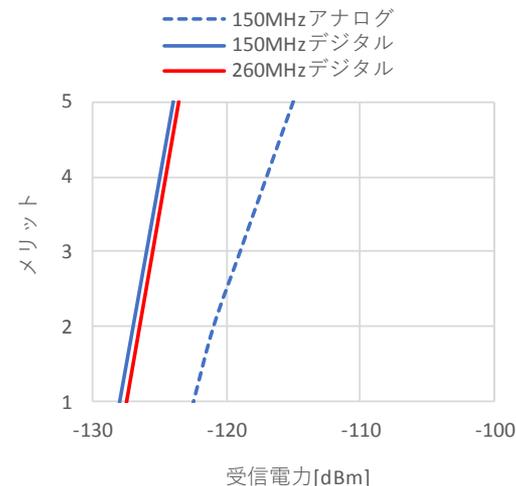
(a) 受信電力-RSSI



(b) 受信入力電圧-SINAD



(c) 受信電力-BER



(d) 受信電力-音声品質

図3-2 受信感度試験結果

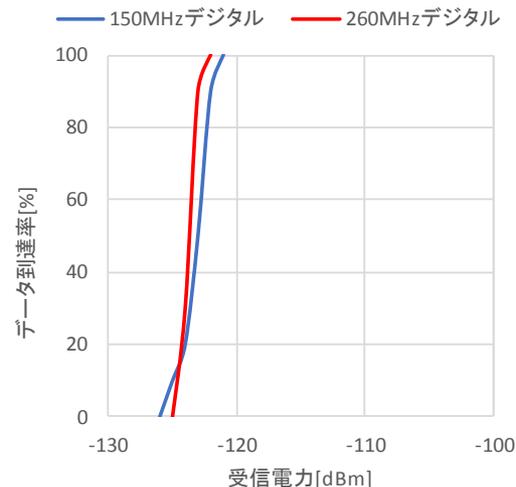
## 単体試験(データ伝送)

図3-3に試験結果を示す。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。

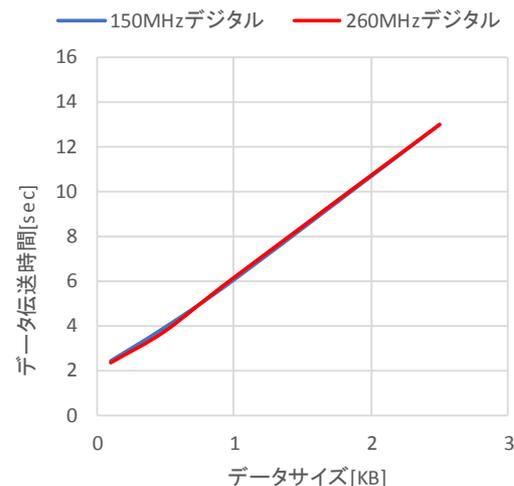
■ 図(a)より、-120dBm程度までは、データ到達率は100%となっており、-125dBm以下では0%となった。

■ 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3-3 データ伝送試験結果

# 第3章 実証試験(ラボ試験)

## 干渉特性(回線品質評価)

表3-4に干渉試験(回線品質評価)における希望波と妨害波の組合せを、表3-5に干渉試験(回線品質評価)結果を示す。希望波(D)が受信感度+3dBのときに妨害波(U)を入力したときに、希望波のSINAD=12dBまたはBER=1%となるときのD/U比を取得した。

### 【結果】

■赤字に示す情報通信審議会結果(※)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に対する同一チャンネル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り返し検討の観点からは、隣接チャンネルの所要D/U値は隣接チャン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、次隣接チャンネルの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ンネル配置検討の参考になると考える。

表3-4 干渉試験組合せ(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)				
	150MHz デジタル (4値FSK)	f1			
		f2			
		f3			

表3-5 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	-

※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

# 第3章 実証試験(ラボ試験)

## 干渉特性(音声品質評価)

表3-6に干渉試験(音声品質評価)における希望波と妨害波の組合せを、表3-7に干渉特性試験(音声品質評価)結果を示す。希望波(D)が受信感度+3dBのときに妨害波(U)を入力したときに、希望波の音声品質がメリット3となるときのD/U比を取得した。

### 【結果】

■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 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。

■デジタルが2波の場合には6~9dBとなり、3波の場合には9dBであった。

■デジタルに対するデジタルの所要D/Uは、同一チャンネルの場合には8dBであり、隣接チャンネルの場合には、-59dBであった。

■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。

表3-6 干渉試験組合せ(音声品質評価)

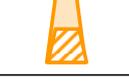
No.	希望波	妨害波	イメージ	No.	希望波	妨害波	イメージ
1	アナログ	アナログ		8	アナログ	デジタルf1 デジタルf2 デジタルf3	
2	アナログ	デジタルf1		9	デジタルf1	アナログ	
3	アナログ	デジタルf2		10	デジタルf2	アナログ	
4	アナログ	デジタルf3		11	デジタルf3	アナログ	
5	アナログ	デジタルf1 デジタルf2		12	デジタルf2	デジタルf2	
6	アナログ	デジタルf1 デジタルf3		13	デジタルf2	デジタルf1	
7	アナログ	デジタルf2 デジタルf3		14	デジタルf2	デジタルf3	

表3-7 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	—	—	—	

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

## フィールド試験概要(送信基地局の場所)

表3-8に送信場所の諸元を示す。また、図3-4に送信基地局設置場所の概況を示し、図3-5に送信基地局設置状況を示す。

表3-8 送信場所諸元

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3-4 送信基地局設置場所



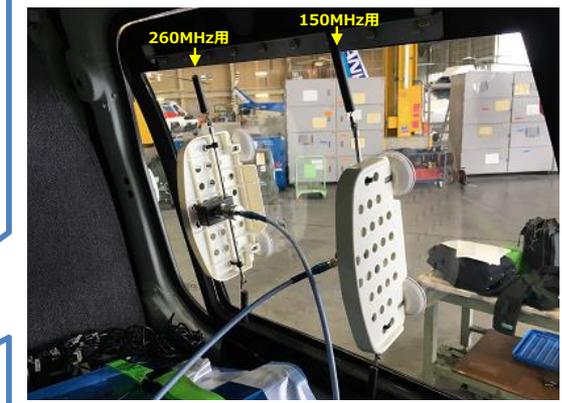
図3-5 送信基地局設置状況

## フィールド試験概要(受信局の設置状況)

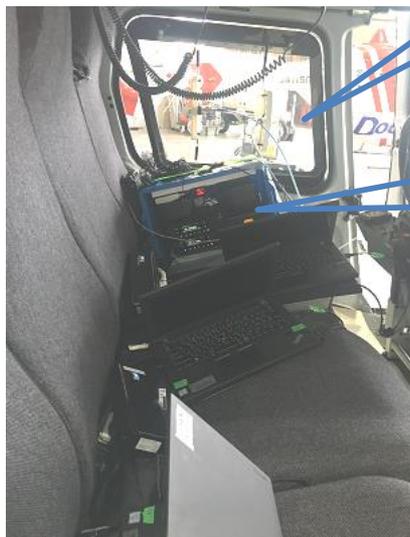
図3-6にヘリコプターにおける受信局の設置状況を示す。



(a) 使用したヘリコプター



(c) アンテナ



(b) ヘリコプター内部



(d) 受信無線機

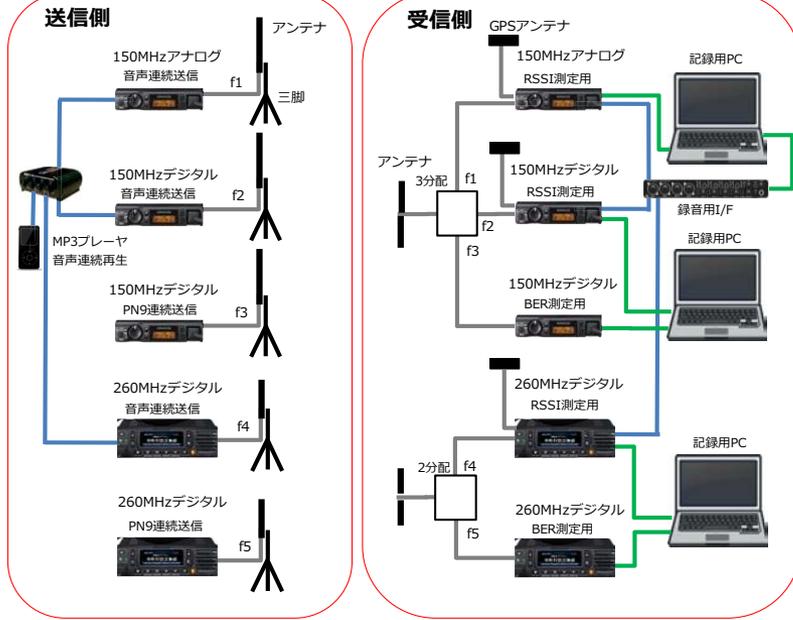
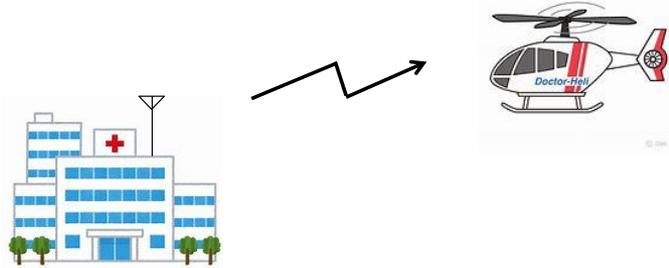
図3-6 受信局の設置状況

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

## 試験系構成

図3-7に試験系構成図を示す。基地病院を想定した送信局から電波を送信し、ヘリコプターや車両に持ち込んだ受信局で電波を取得した。ヘリコプターに送信局を設置する場合、検査が必要となり、時間と費用がかかるためにヘリコプターを受信側とした。

### 上空における電波伝搬試験



### 地上におけるデータ伝送搬試験

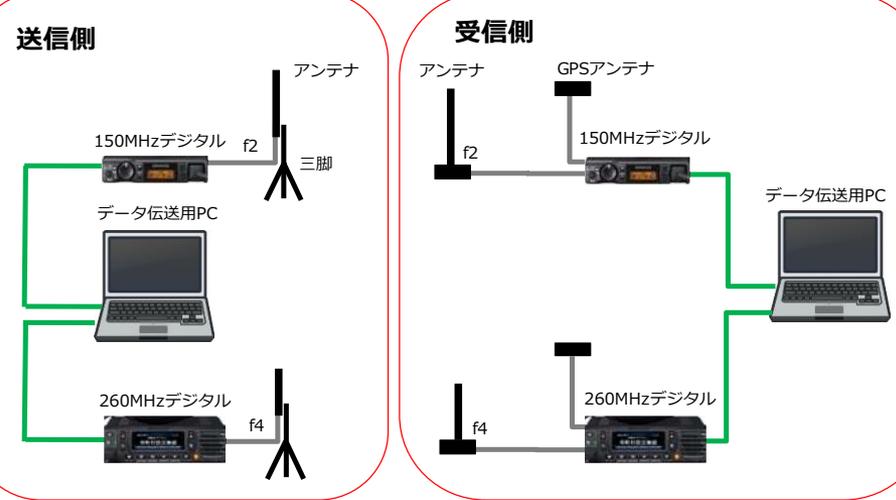
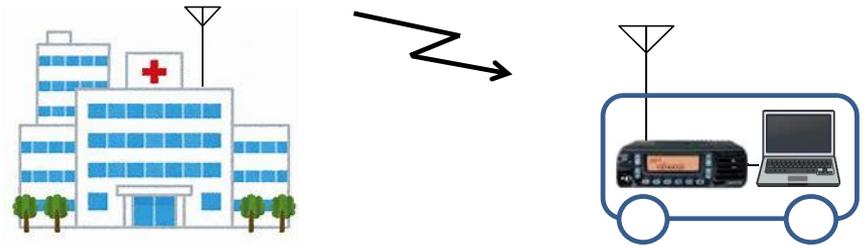


図3-7 試験系構成

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

## 飛行ルート

図3-8試験場所の概況を示す。同図(a)に飛行ルートを示し、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3-8(b)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。

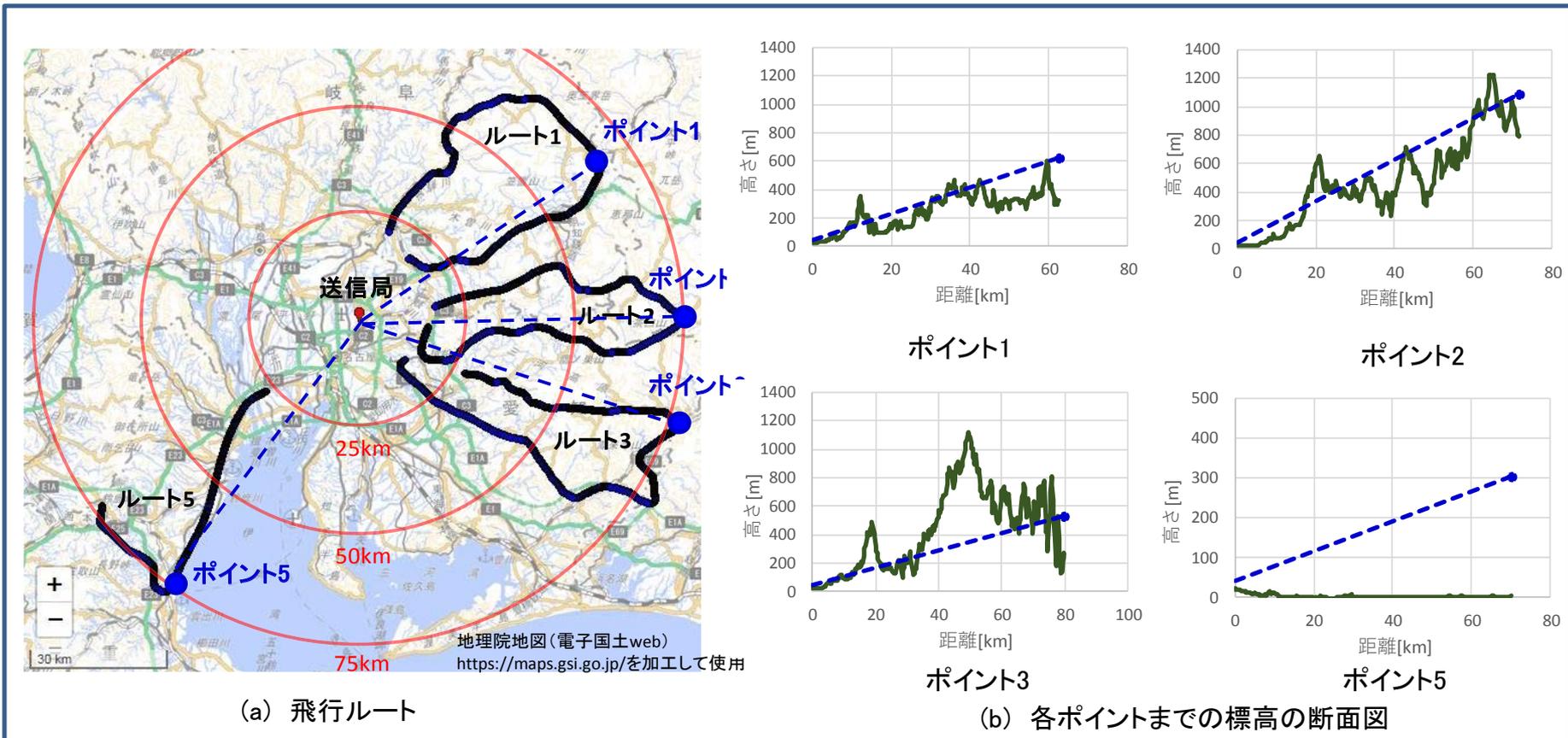
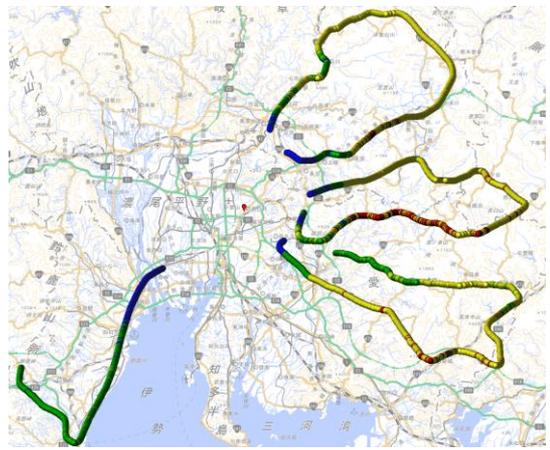


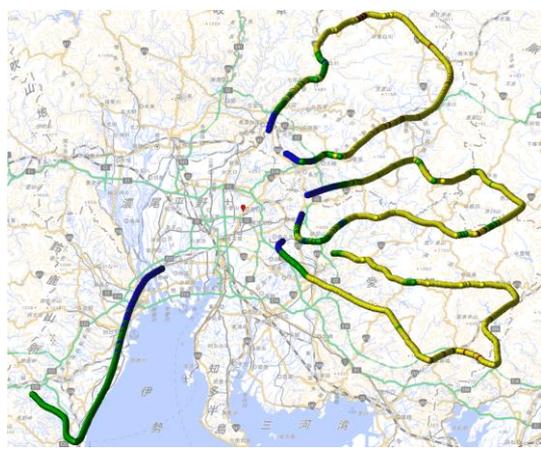
図3-8 試験場所概況

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

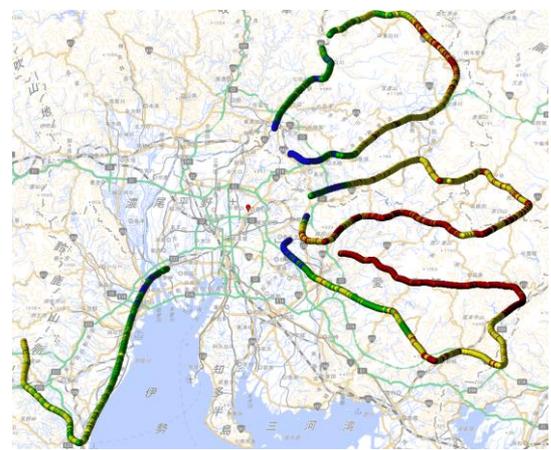
## 受信電力試験結果



(a) 150MHzアナログ



(b) 150MHzデジタル



(c) 260MHzデジタル

図3-9 受信電力マップ

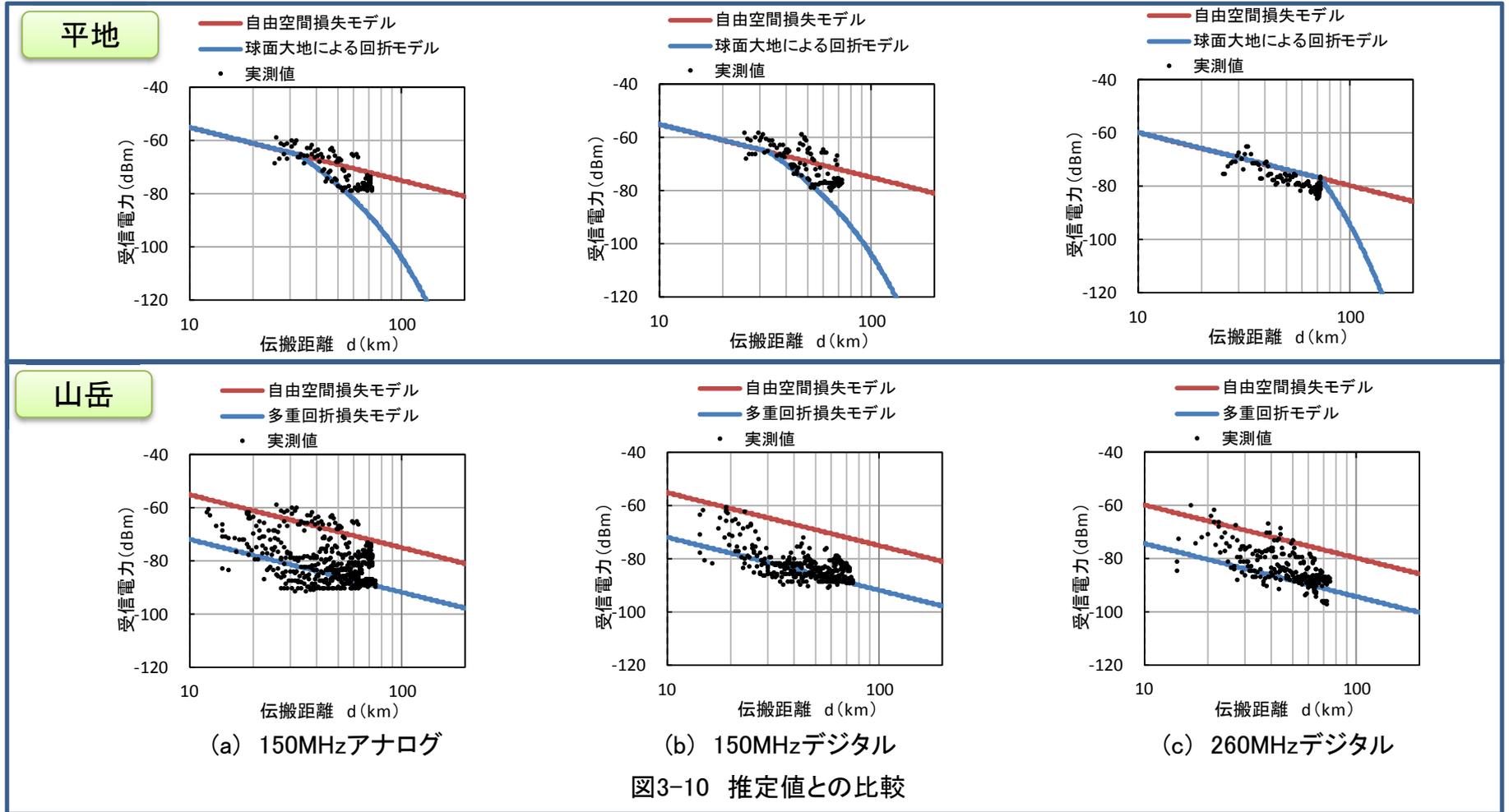
- : > -70dBm
- : -80dBm ~ -70dBm
- : -90dBm ~ -80dBm
- : < -90dBm

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

**【結果】**

- 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。

# 第3章 実証試験(フィールド試験)



## 【結果】

■ 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た。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。

■ 山岳の場合、自由空間損失モデルと多重回折損失モデルの間となっており、約30km以遠では多重回折損失モデルに近づく傾向となっている。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。

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

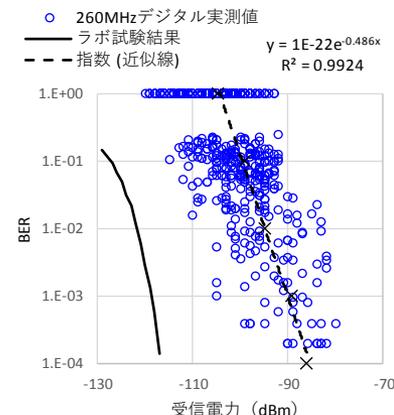
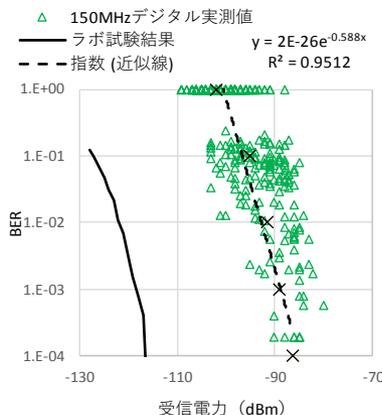
## 符号誤り率試験結果

### 相関図

相関図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。

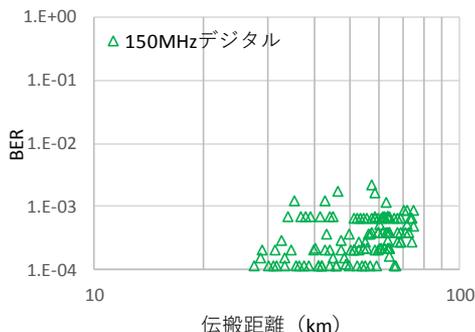
BER: Bit Error Rate

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。

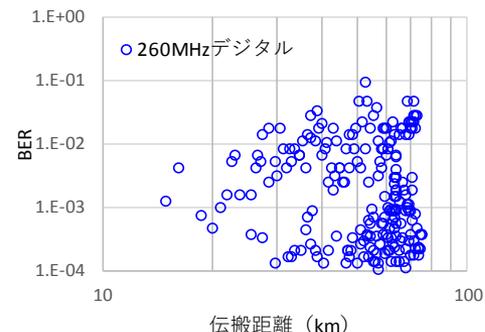


### 変換値距離特性

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。



(a) 150MHzデジタル



(b) 260MHzデジタル

図3-11 BER試験結果

### 【結果】

■ 受信電力とBERの相関図において、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た。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

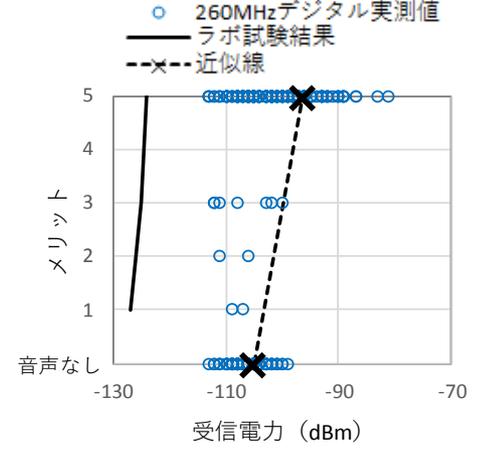
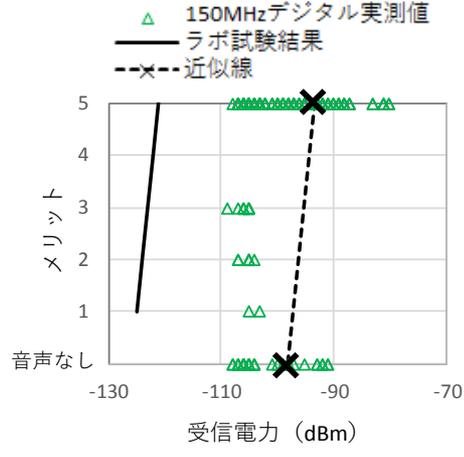
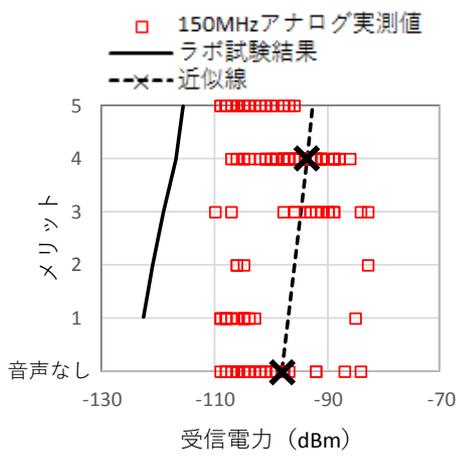
■ BER変換値の距離特性より、150MHzでは、20km以上の場所で誤りが発生し、BER=1E-4~1E-2となっている。80km程度までBER=1E-2以上とならず、誤り訂正によりデータ伝送が可能と考えられる。260MHzでは、150MHzと比較して誤り率が高く、15km以上の場所でBER=1E-4~1E-1となっている。

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

## 音声品質試験結果

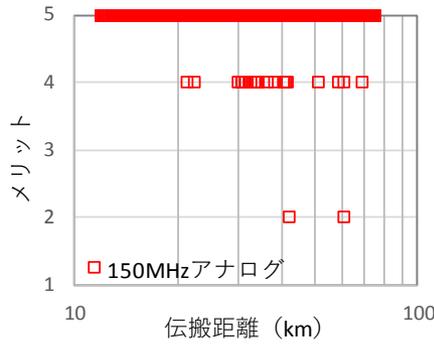
### 相関図

相関図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。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。

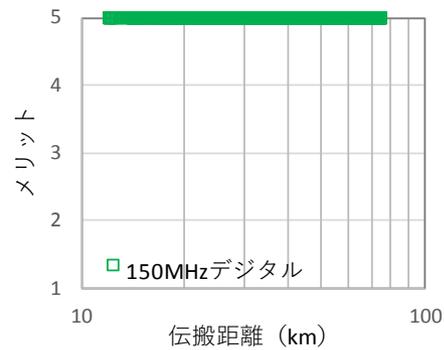


### 変換値距離特性

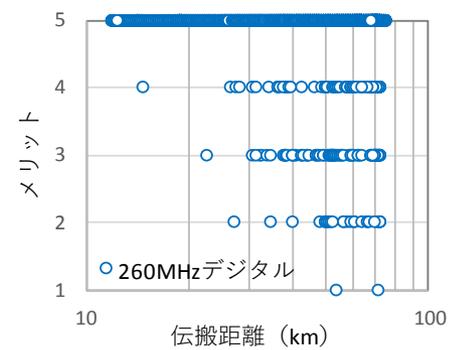
音声品質変換値の距離特性を示す。変換値は受信電力と音声品質相関から導出した近似式を使用し、受信電力から算出した。なお、受信電力の測定間隔は2秒であり、フェージングによる瞬時変動が取得できていない場合もある。これにより、受信電力が低下しないため、音声品質変換値の劣化は表れていないこともある。



(a) 150MHzアナログ



(b) 150MHzデジタル



(c) 260MHzデジタル

図3-12 音声品質試験結果

### 【結果】

■ 受信電力と音声品質の相関において、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。

■ 音声品質変換値の距離特性より、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。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。

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

## 通話可能エリアの検討

実証試験結果から通話可能エリアの検討を行った。表3-9に回線設計諸元を示す。ここでの受信感度実測値は、メリット3における受信電力であり、汎用的な装置の値である。図3-13に各システムにおける受信電力の推定値を示す。図中に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し、推定値との交点が通話可能エリアの推定値となる。

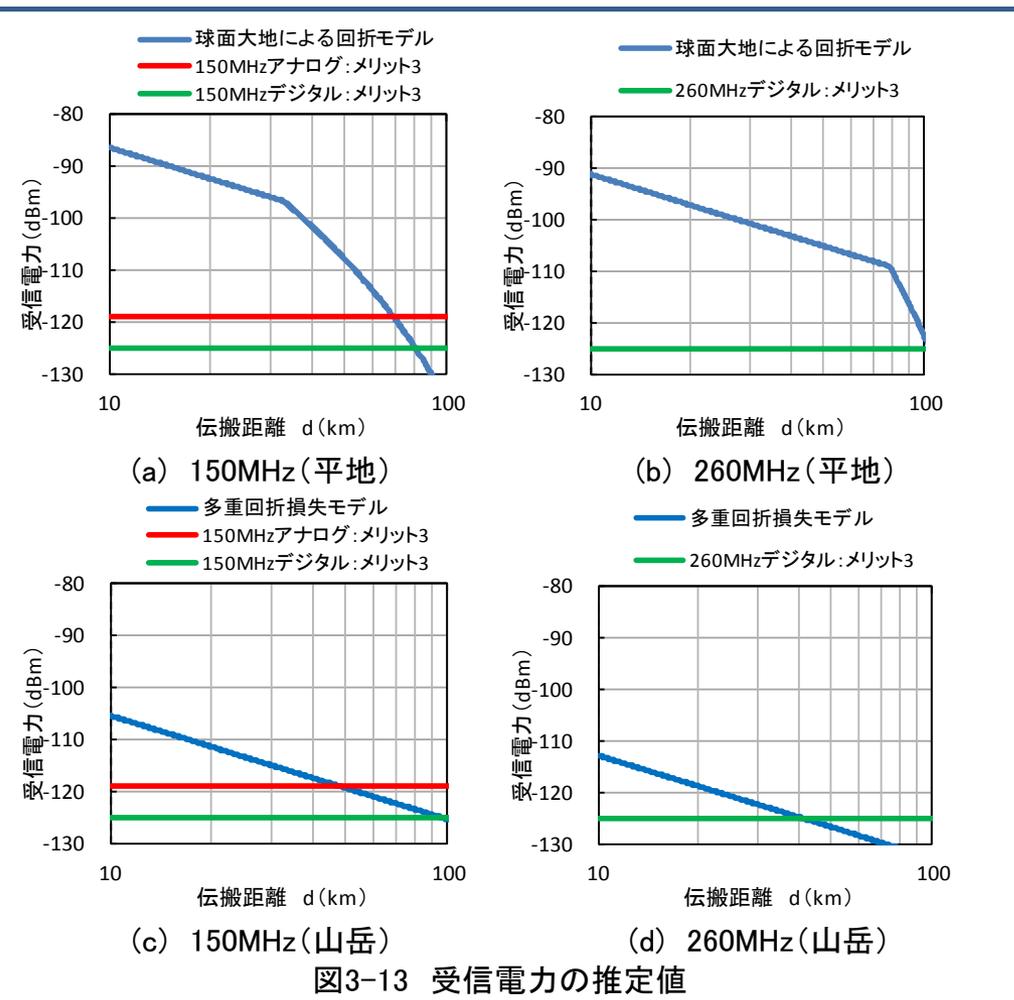


表3-9 回線設計諸元

項目	150MHz アナログ	150MHz デジタル	260MHz デジタル
周波数	150MHz	150MHz	260MHz
空中線電力	10W		
伝搬環境	平地・海上／山岳		
伝搬モデル	平地・海上: 球面大地における回折モデル 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		

表3-10 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

**【結果】**  
 ■ 各種伝搬路において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。

# 第3章 実証試験(フィールド試験)

## データ伝送試験

図3-14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3-11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3-14 測定ポイント

表3-11 各ポイントの取得データ

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

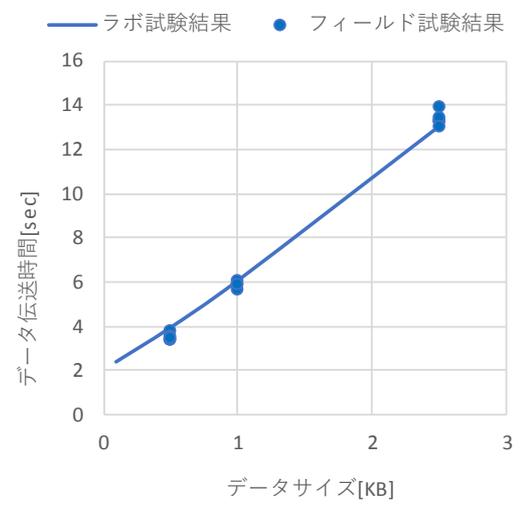
# 第3章 実証試験(フィールド試験)

## データ伝送試験結果

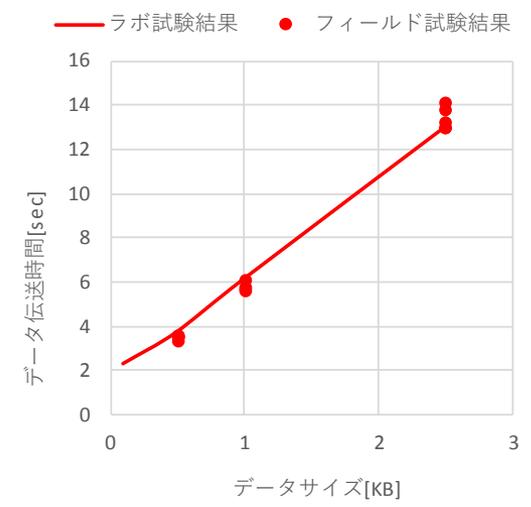
図3-15に送信データサイズと伝送時間の関係を示す。図中には、ラボ試験で取得したデータを併記した。

### 【結果】

■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。



(a) 150MHz デジタル



(b) 260MHz デジタル

図3-15 データ伝送時間

表3-12に各種データにおけるデータ送信時間を示す。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。

### 【結果】

■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3-12 データ伝送時間

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

# 第3章 実証試験(まとめ)

## ラボ試験

### ■電波伝搬特性

- ・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、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、音声品質評価)

- ・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。
- ・各組合せにおいて音声品質を確保する所要D/Uが明らかとなり、移行におけるチャンネル配置の参考になると考えられる。

## フィールド試験

### ■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においては、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50km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。

### ■符号誤り率(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。
- ・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

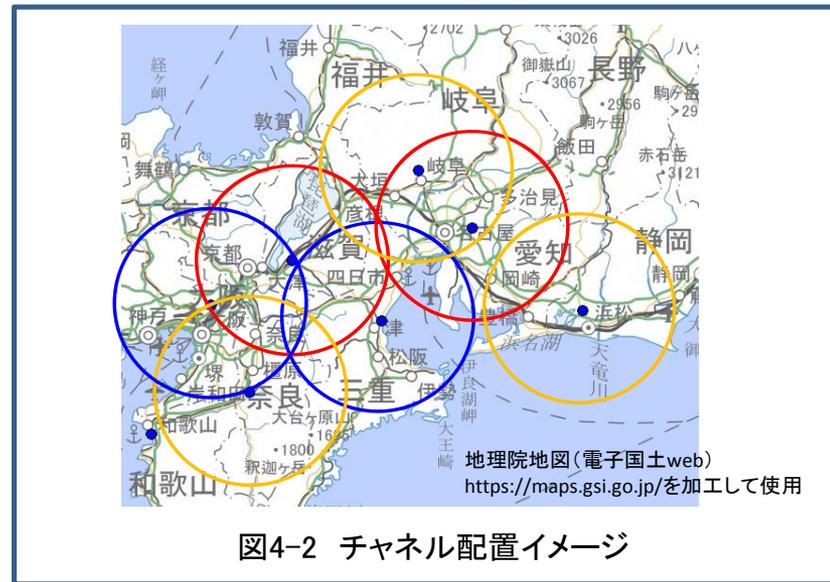
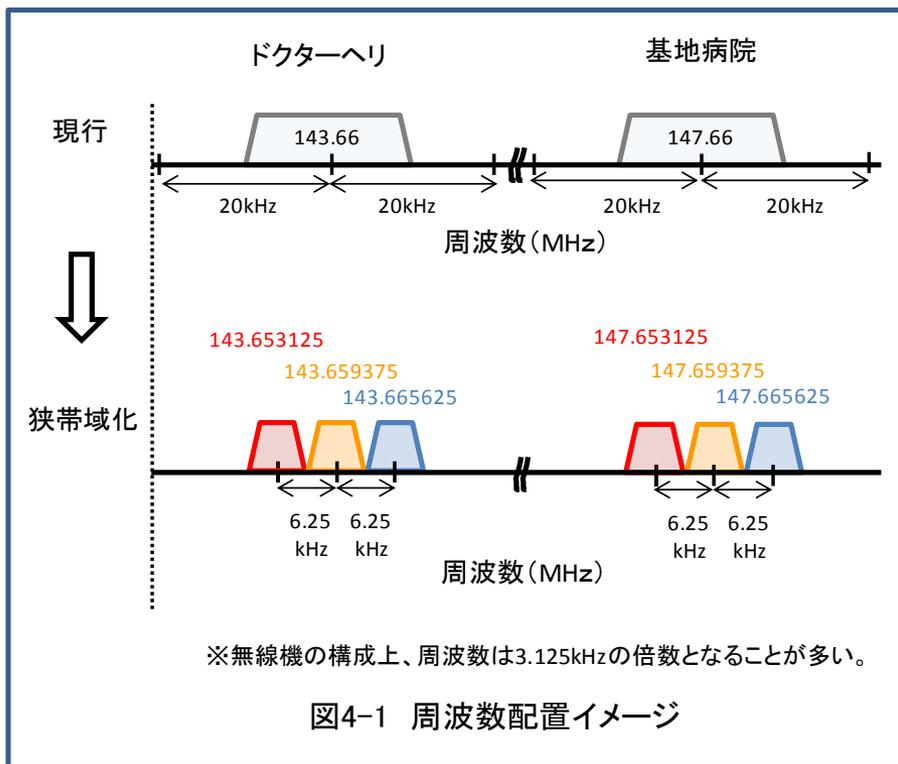
- ・ラボ試験よりも10dB以上高いレベルで音声品質が悪くなっていた。
- ・受信電力からの音声品質変換値において、150MHzデジタルでは、80km程度までメリット5となり、安定した音声通話が可能となっている。150MHzアナログや260MHzデジタルでは、20km以上の場所において音声品質が低下している。
- ・150MHzについて、アナログよりデジタルの方が音声品質は良い傾向が表れていた。
- ・デジタル方式において、260MHzより150MHzの方が音声品質は良い傾向が表れていた。
- ・デジタル(4値FSK SCPC)方式を上空で使用した場合、通話エリアはアナログ(FM方式)と同等に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

## 検討の方向性

狭帯域デジタル化により、使用可能なチャンネルを増加させ、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に現行及び狭帯域化した場合の周波数配置のイメージを示す。図4-2に3チャンネルに狭帯域化された場合の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。同一チャン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。



## 規格感度エリアの導出

必要チャンネル数の検討を行うため、各基地病院から規格感度となる位置までの距離を算出した。表4-1に回線設計の諸元を示す。規格感度0dB $\mu$ Vとなる距離は、95kmとなった。

表4-1 回線設計諸元

周波数	150MHz
送信出力	10W
伝搬モデル	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
アンテナ標高	送信: 50m / 受信: 300m
機器マージン	6.0dB
ケーブル損失	送信: 1.3dB / 受信: 2.3dB

# 第4章 チャネルプラン及び移行計画(チャネルプランの検討)

## 必要チャネル数の検討

図4-3に各基地病院において規格感度(0dB $\mu$ V)となるエリアを円で示す。円の半径は計算より、95kmである。円が重なり合うエリアにおいては、混信が生じるため、違うチャネルを配置する必要がある。

図4-4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る。

○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※。この範囲70kmでチャネル配置を検討した場合、必要なチャネル数は6チャネルとなった。

※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

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。

## 想定されるチャネルプラン

表4-2に想定されるチャネルプランを示す。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。

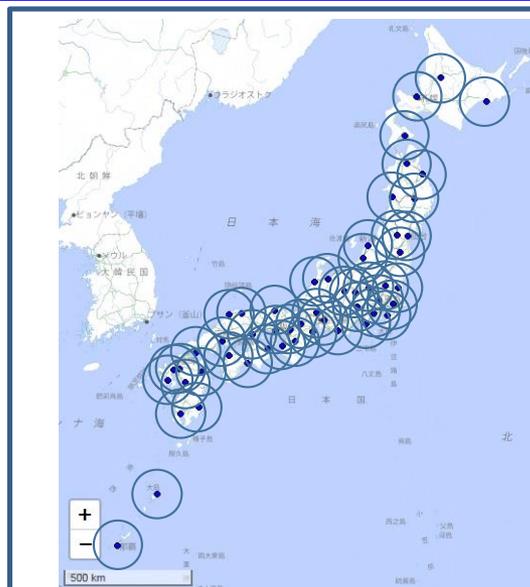


図4-3 規格感度のエリア



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 関東におけるチャネル配置

表4-2 チャネルプラン

方式	2周波単信方式(現行)	1周波単信方式
イメージ	ドクターヘリ 基地病院 	ドクターヘリ/基地病院 
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3チャネルとなり、混信が減る。</li> <li>・デジタル化により、データ伝送が可能となる。</li> <li>・従来どおりの運用が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・6チャネルとなり、混信が減る。</li> <li>・デジタル化により、データ伝送が可能となる。</li> <li>・基地病院が密集するエリアでも混信が減る。</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行場所により、混信の可能性が残る。</li> <li>・全国でのチャネル設計</li> <li>・音声とデータ伝送両立の運用方法</li> <li>・音声とデータチャネル割当の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドクターヘリと基地病院の同時通話ができない。</li> <li>・基地病院とドクターヘリ間の運用方法</li> <li>・音声とデータ伝送両立の運用方法</li> <li>・音声とデータチャネル割当の検討</li> </ul>
広域災害時	<ul style="list-style-type: none"> <li>・共通チャネルを使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・共通チャネルを使用</li> <li>・移行期間中は2周波単信方式とする。</li> </ul>

## 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

## 移行時の検討事項

設備更改のインシヤ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想定されることから、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。

○デジタル無線機器が選択するチャネルによっては、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。従って、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、デジタルチャネルは3分割後の中央チャネルを避けて選択する運用が望ましい。(表3-7参照)

○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ネルプランの策定が望ましい。

○デジタル/狭帯域化によって創出したチャ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ネル配置とする。

○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。若しくは、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ンシヤ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4-3 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		←→			

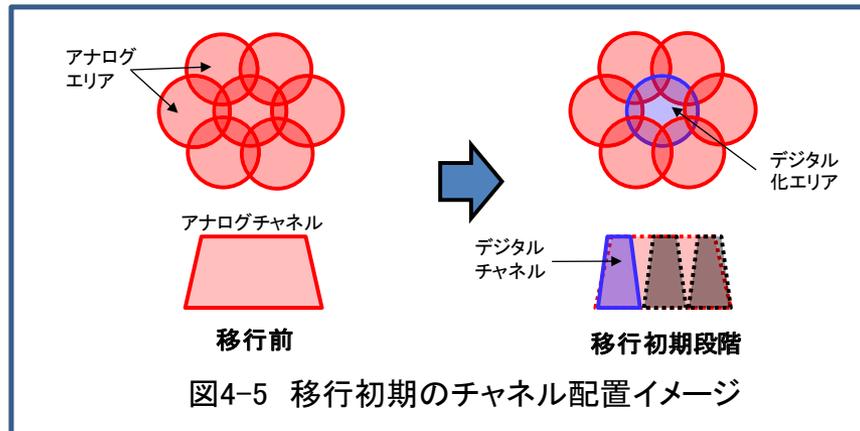


図4-5 移行初期のチャネル配置イメージ

表4-4 広域災害時対応

	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	・アナログ方式を使用もしくはデュアル方式の切替 ・周波数は全国統一波
基地病院が デジタル方式 の場合	・アナログ方式を併用もしくはデュアル方式の切替 ・共通チャネルを使用 (チャネルプランにより変更)	・デジタル方式を使用 ・共通チャネルを使用

# 第5章 提言(技術的条件)

項目	技術的条件(案)
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
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: $\pm 2.5 (\pm 0.5)$ ppm ※1 移動: $\pm 2.5 (\pm 2.0+A)$ 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	電波型式に適合する変調方式
(5)周波数偏移	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

# 第5章 提言(技術的条件)

項目	技術的条件(案)
送信設備	
(8)スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	<p>(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<math>2.5\mu\text{W}</math>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<math>25\mu\text{W}</math>以下とすること。</p> <p>(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<math>2.5\mu\text{W}</math>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<math>25\mu\text{W}</math>以下とすること。</p>
(9)隣接チャンネル漏えい電力	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。
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。
(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)隣接チャンネル選択度	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(チャンネル間隔が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(チャンネル間隔が6.25kHzの場合に限る。)離れた変調のない妨害波及び25kHz(チャンネル間隔が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。

## 第5章 提言(今後の検討課題)

### 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。

### 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。

### 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。

# 調査検討会

## 構成員

氏名	団体名	役職等
石垣 悟	日本無線株式会社	事業本部 事業統括部 担当部長
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
岡田 啓	名古屋大学	未来材料・システム研究所 准教授
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
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
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
加納 秀記	愛知医科大学病院	救命救急科・救急診療部 教授
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
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
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
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
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

	開催日時・場所	議事内容
第1回	平成30年9月5日(水) 14:00～16:00 ウインクあいち 12階1209会議室	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
第2回	平成30年10月31日(水) 14:00～16:00 ウインクあいち 12階1209会議室	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チャンネルプラン及び移行計画の方針について
第3回	平成31年1月15日(火) 15:00～17:00 ウインクあいち 12階1206会議室	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チャン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)
第4回	平成31年3月1日(金) 15:00～17:00 ウインクあいち 11階1109会議室	① 第3回検討会の議事録確認 ② 報告書(案)について