

第2章 150MHz 帯デジタル簡易無線の需要

第1節 150MHz 帯アナログ簡易無線の現状

(1) 現行アナログ簡易無線のトラヒック調査結果

現行アナログ簡易無線周波数における、トラヒック調査を実施した。

調査は、関東総合通信局管轄地区(以下、関東地区とする。)ならびに北陸総合通信局管轄地区(以下、北陸地区とする。)をサンプル地域とし、アナログ簡易無線局に認可された9周波数について、それぞれ調査期間1週間の電波使用状況を調査した。

ア 関東地区の調査結果

表 2-1 トラヒック測定条件と調査内容

モニター期間	測定開始日時	測定終了日時
		2010/10/2 12時00分00秒
閾値1	+6dB μ V	
調査周波数	154.45MHz, 154.47MHz, 154.49MHz, 154.51MHz, 154.53MHz, 154.55MHz, 154.57MHz, 154.59MHz, 154.61MHz	
アンテナ利得	2.15dBi	
ケーブルロス	1.0dB	
アンテナ地上高	59m	
調査地域の面積	表 2-2 参照	
調査地域で各周波数の電波を出すことが許された無線局数	表 2-3 参照	
調査内容	<p>各周波数におけるトラヒックを15分毎(単位時間)に平均化し、全周波数のトラヒック値を平均化して各単位時間当たりのトラヒックを下記条件で算出。</p> <p>0%~10%未満 → 5%</p> <p>10%~15%未満 → 12.5%</p> <p>15%~20%未満 → 17.5%</p> <p>20%~30%未満 → 25%</p> <p>30%~40%未満 → 35%</p> <p>40%~50%未満 → 45%</p> <p>50%~100% → 75%</p>	

表 2-2 調査地域の面積 (単位 : km²)

地域	面積
東京都	2187.42
埼玉県 (除く 秩父市、小鹿野町、皆野町、神川町、本庄市、上里町、美里町、長瀬町、守居町、深谷市)	255.53
茨城県 (五霞町、守谷市)	58.72
千葉県 (野田市、流山市、柏市、松戸市、鎌ヶ谷市、市川市、舟橋市、習志野市、浦安市)	517.48
神奈川県 (除く 小田原市、南足柄市、箱根町、湯河原町、真鶴町、山北町、横須賀市、三浦市)	1726.33
合計	7042.48

表 2-3 調査地域で各周波数の電波を出すことが許された無線局数

周波数 (MHz)	局数 (延べ)
154.45	5090
154.47	5317
154.49	5067
154.51	5181
154.53	5120
154.55	5107
154.57	5271
154.59	5870
154.61	5558
Σ	47581

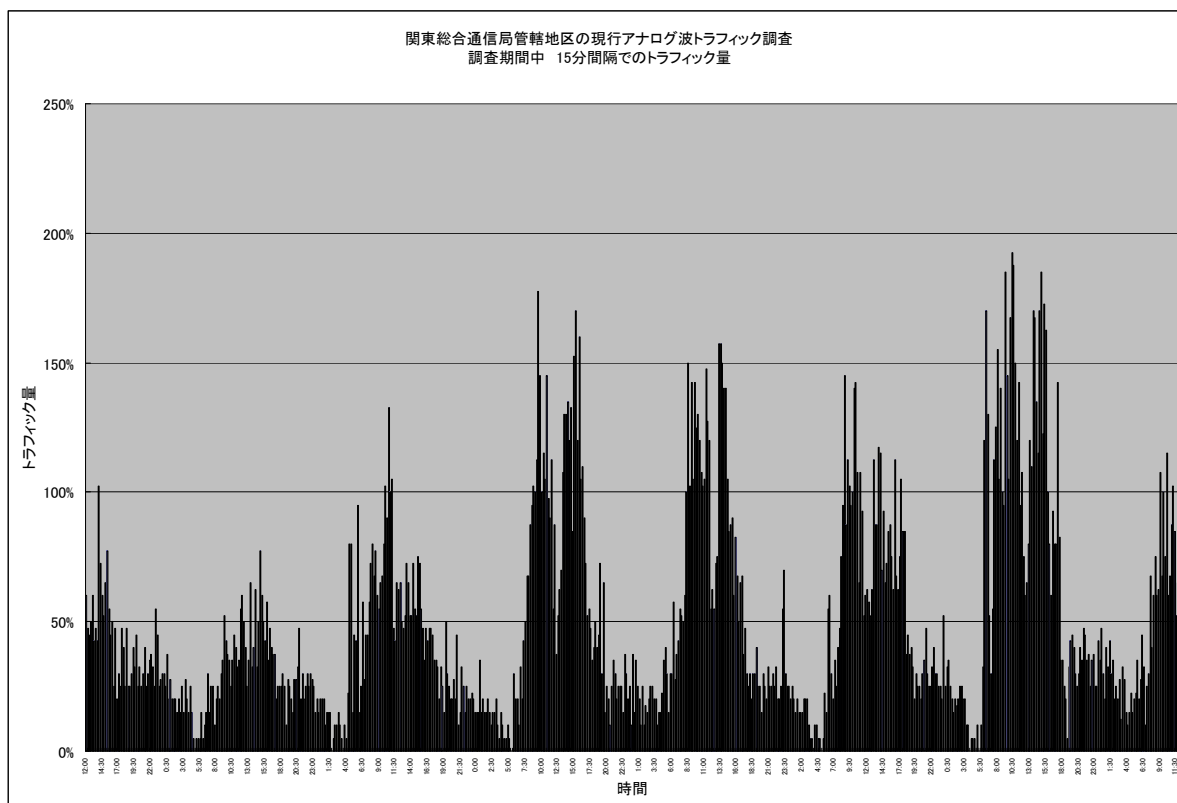


図 2-1 調査期間中 15 分間隔での閾値+6dB μ V トラフィック量調査

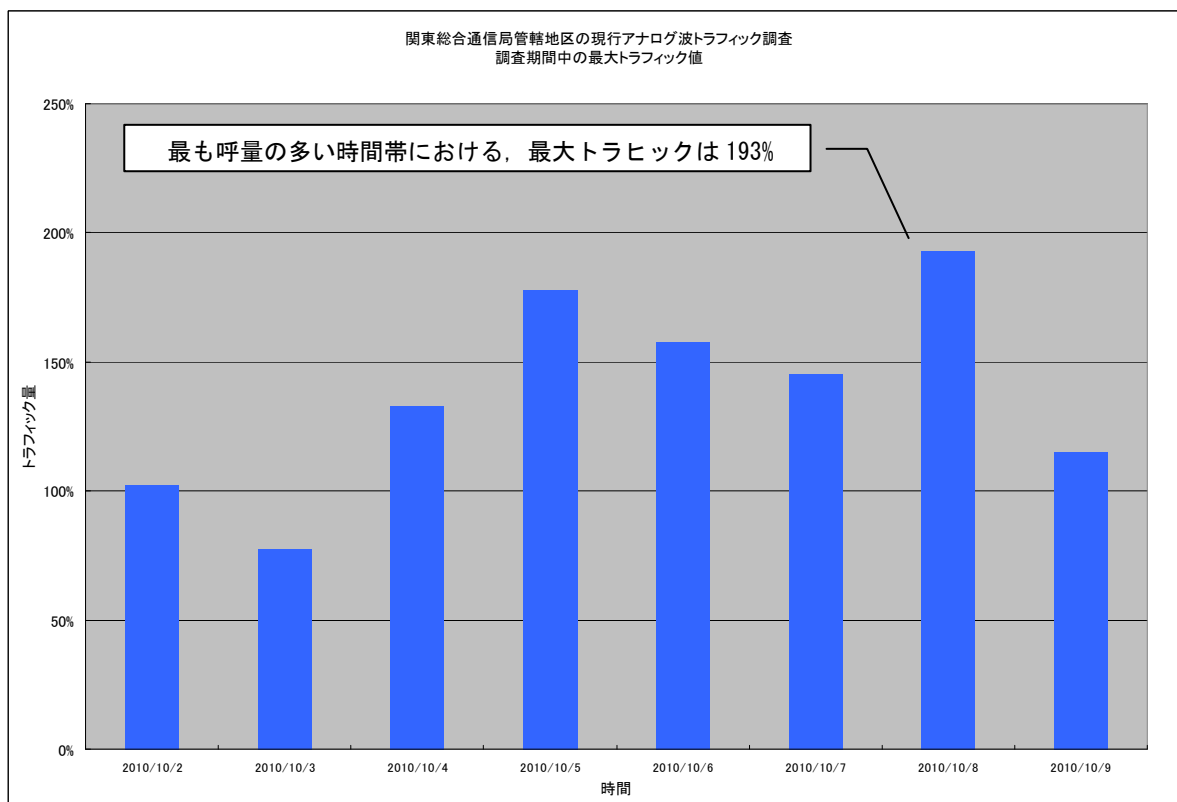


図 2-2 調査期間中における 調査日ごとの閾値+6dB μ V 最大トラフィック量調査

イ 北陸地区の調査結果

表 2-4 トラヒック測定条件と調査内容

モニター期間	測定開始日時	測定終了日時
	2010/7/9 12時00分00秒	2010/7/16 11時59分50秒
閾値 1	+6dB μ V	
閾値 2	+17dB μ V	
調査周波数	154.45MHz, 154.47MHz, 154.49MHz, 154.51MHz, 154.53MHz, 154.55MHz, 154.57MHz, 154.59MHz, 154.61MHz	
アンテナ利得	-4.7dBi	
ケーブルロス	1.0dB	
アンテナ地上高	55m	
調査地域の面積	表 2-5 参照	
調査地域で各周波数の電波を出すことが許された無線局数	表 2-6 参照	
調査内容	<p>各周波数におけるトラヒックを 15 分毎（単位時間）に平均化し、全周波数のトラヒック値を平均化して各単位時間当たりのトラヒックを下記条件で算出。</p> <p>0%～10%未満 → 5%</p> <p>10%～15%未満 → 12.5%</p> <p>15%～20%未満 → 17.5%</p> <p>20%～30%未満 → 25%</p> <p>30%～40%未満 → 35%</p> <p>40%～50%未満 → 45%</p> <p>50%～100% → 75%</p>	

表 2-5 調査地域の面積（単位：km²）

かほく市	64.76
内灘町	20.38
津幡町	110.44
金沢市	467.77
野々市町	13.56
白山市	755.17
合計	1432.08

表 2-6 調査地域で各周波数の電波を出すことが許された無線局数

周波数 (MHz)	局数 (延べ)
154.45	176
154.47	161
154.49	183
154.51	155
154.53	162
154.55	177
154.57	151
154.59	114
154.61	147
Σ	1426

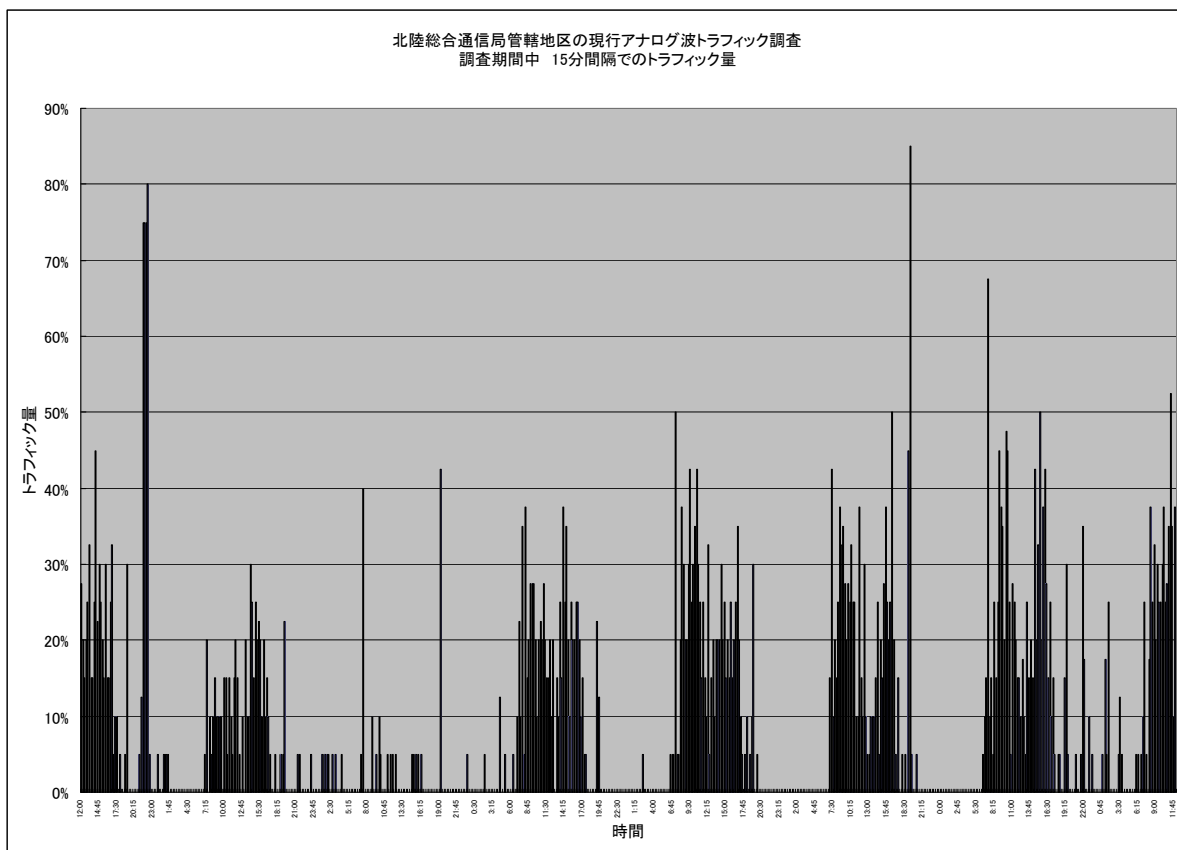


図 2-3 調査期間中 15 分間隔での閾値+6dB μ V トラフィック量調査

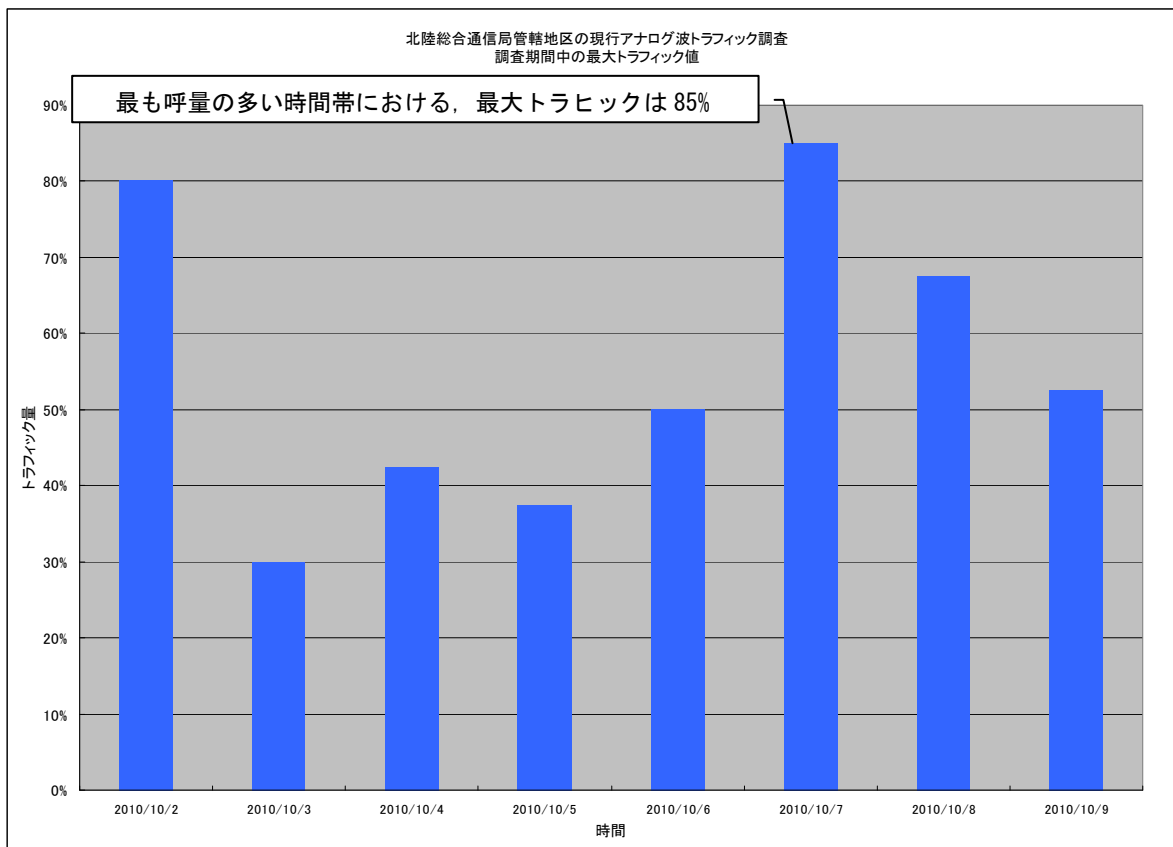


図 2-4 調査期間中における 調査日ごとの閾値+6dB μ V 最大トラフィック量調査

第2節 150MHz 帯デジタル簡易無線の需要予測

(1) 今後予想される 150MHz 帯簡易無線の推移

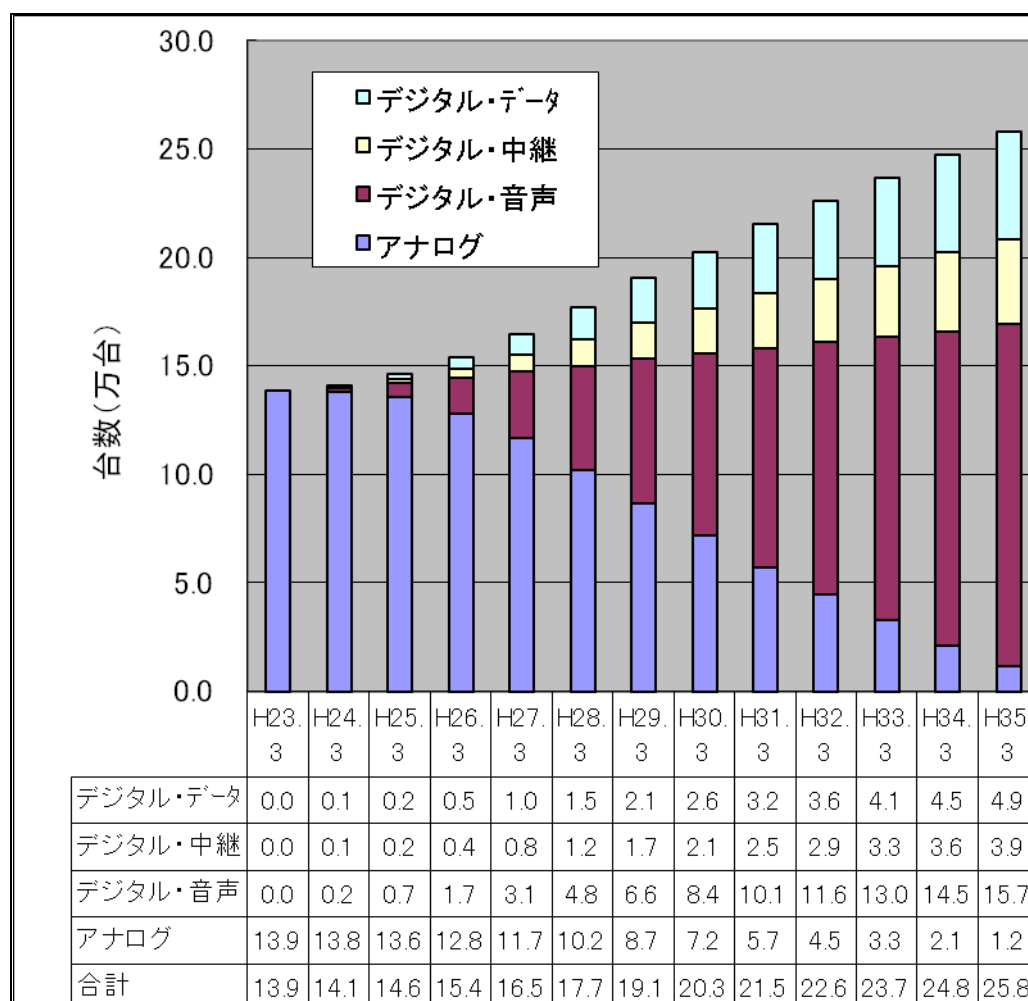


図 2-5 今後予想される 150MHz 帯簡易無線の推移

条件

- ※1：150MHz 帯簡易無線は総務省の電波利用状況調査の分析からもわかるように、山間部での根強い需要があり、今後も需要は継続すると想定される。
- ※2：特にデジタル方式は狭帯域な為干渉に強く、音声品質も良好なため、徐々にアナログからの買い替え需要が進むと想定される。
- ※3：中継需要については、デジタル方式は暗号化機能を有しており、他人利用の回避や、傍受防止など高いセキュリティ機能により、徐々に利用が進むと想定される。
(昨年度の中継需要想定は全体需要の約 16%)
- ※4：データ通信の需要については、デジタル方式によるデータ通信の親和性により、画像通信や遠隔制御などのアプリケーションが充実していき、徐々に需要が高まっていくと想定される。
(昨年度のデータ通信需要想定は全体需要の約 20%)
- ※5：アナログ方式の終息とともに、狭帯域のデジタル方式のチャンネルが全て使用可能となって使用チャンネルが増加し、需要に拍車がかかると想定される。
(アナログ 9CH に対し、デジタルは 27~28CH)

(2) 今後必要となるチャンネル数の予測

ア デジタル簡易無線システムにおける無線チャンネル数算出について

一般に陸上移動通信の使用形態には、(a)移動機相互の通信、(b)一つの基地局と移動機間の通信、(c)複数の基地局の中から最寄の基地局を選択して通信するものの3通りが考えられるとされている。

このうち、(c)を実現するためには必要な機材規模が大きいため簡易無線の範疇から逸脱する。また、(a)では双方の移動機のアンテナ高が低いため、電波が遠距離まで到達しない。このため、必要な無線チャンネル数の算出に与える影響は少ない。そこで、ここでは、(b)の「一つの基地局と移動機間の通信」を想定モデルとして必要な無線チャンネル数の算出を行う。またこのとき、ゾーン方式による周波数の空間的再利用を行い、所要チャンネル数の低減を図る。

デジタル簡易無線のチャンネル数算出に当っては、北陸地区に比較してトラフィック量の多い関東地区にて現在運用を行っている150MHz帯の簡易無線局の測定データを収集し、これから無線局1台あたりの呼量を算出する。一つの基地局と移動機間の通信モデルを想定し、ある一つの基地局が構成するゾーンの面積とその中に含まれる無線局を想定し、単位ゾーンあたりの呼量を算出する。これを用いてアラン損失負荷表から単位ゾーンあたりの必要チャンネル数を算出する。すでに明らかとなっている、同一チャンネル妨害特性（同一周波数干渉特性）の所要C/Iから、周波数の繰り返しゾーン数Nを出し、ゾーン全体の必要チャンネル数を算出する。

イ 簡易無線システムの無線チャンネル数について

(7) 1台当りの平均呼量の算出

- ① 現在運用中の無線局の利用状況データについては、第1節(1)に示した関東地区での測定実験結果から、150MHz帯の簡易無線局1台当りの平均呼量を算出した。

なお、本測定は、関東地区に設置した測定用の受信局にて実施したため、表2-7に示した測定諸元は簡易無線の典型的な運用モデルにおける諸元とは必ずしも一致しない。

表 2-7 簡易無線局の検出時間測定諸元

周波数	154MHz 帯
移動局送信電力	5W
送信アンテナ利得	2.13dBi
送信アンテナ高	1.5m
送信給電線損失	0dB
受信アンテナ利得	2.15dBi
受信アンテナ高	59m
受信給電線損失	1.0dB
アレスタ損	0dB

アナログ簡易無線の9チャンネルにおいて、受信機入力電圧が $6\text{dB}\mu\text{V}$ を超える時間を測定した。

② 最繁時集中率の呼量に与える影響を考慮し、1日の中で最も呼量の多い時間帯における、 $6\text{dB}\mu\text{V}$ を超える時間率（チャンネル占有時間/測定時間）を抽出した。
その結果、1時間当りの時間（受信検出レベルを超える検出時間）は0.193であった。

③ 1時間当りの呼量は0.193（erl）。

④ ①の結果から秦式を用いて基地局から最も遠い距離にある移動局までの距離を求めると24.96kmとなる。

なお、秦式で求められる伝搬損中央値から、受信機入力電力の平均値への換算は、受信機入力電力の中央値＝受信機入力電力の平均値 $\times \ln 2$ で行った。

このことから、本測定では面積 $\pi (24.96\text{km})^2 \doteq 1,956\text{km}^2$ に存在する移動局から電波が受信されたといえる。

⑤ 測定した関東地区で各地域における対象周波数帯に対する免許局数は47,581局であり当該地域の面積は7,042 km^2 である。

⑥ 従って、単位面積あたりの局数は $47,581/7,042 \doteq 6.756$ （局/ km^2 ）。

⑦ 測定したチャンネルにおける対象エリア内の免許局数： 6.756 （局/ km^2 ） $\times 1,956\text{km}^2$ （半径24.96kmの面積） $\doteq 13,217$ 局。

⑧ 測定した150MHz帯の簡易無線の全チャンネル数は9CH。

⑨ 従って、測定したチャンネルにおける対象免許局数は $13,217 \div 9\text{CH} \doteq 1,468$ 局/CH。

⑩ 1局当りの呼量は $0.193 \text{ erl} / 1,468 \text{ 局} \doteq 0.0001315 \text{ erl} / \text{局}$ 。

(イ) 繰り返しゾーンの算出

① 同一チャンネル共用条件の検討から、静特性では $C/I=11.5\text{dB}$

（http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/shoden/pdf/080118_1_2-2.pdf の95ページ）、レイリーフェージングに対するマージンを4.5dB確保する。従って、 $C/I = (11.5 + 4.5) = 16\text{dB}$ 。

② ①から所要 $CIR = \Lambda_{\text{th}} = 16\text{dB}$ であるので、固定劣化を含む機器マージンを考慮した所要平均 CIR である Λ_m は、固定劣化マージン $= \Lambda_m / \Lambda_{\text{th}} = 6\text{dB}$ を考慮すると $\Lambda_m = 22\text{dB}$ となる。表2-8に無線チャンネル数を算出するときに用いる、簡易業務型無線局の想定諸元を示す。

表 2-8 簡易業務型無線局の想定諸元

周波数	154.5MHz
基地局送信電力	5W
送信アンテナ利得	2.14dBi
送信アンテナ高	25.0m
送信給電線損失	1.0dB
受信アンテナ利得	2.14dB
受信アンテナ高	1.5m
受信給電線損失	0dB
アレスタ損	0dB

距離伝搬定数 α は、秦式から式(2.1)として与えられる。これから基地局アンテナ地上高 $h_b = 25\text{m}$ のとき、 $\alpha = 3.57$ が得られる。

$$\alpha = \{44.9 - 6.55 \times \log_{10}(h_b)\} / 10 \quad \dots\dots(2.1)$$

一方、所要 CIR (dB) と繰り返しゾーン数 N には、「移動通信の基礎」(電子情報通信学会)の(8.2)式、(8.3)式、(9.15)式から、

$$CIR = 10 \times \alpha \times \log_{10}(\sqrt{3N} - 1) \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

なる関係があるので、所要 CIR=22dB を満たす繰り返しゾーン数 N は、 $N=9$ となる。

(ウ) 単位ゾーン当りの想定台数算出

① ゾーンの熱雑音による劣化率 $F_a^1 = 5\%$ とすると、ゾーン周辺の劣化率 F_f^1 は 16% となる。距離伝搬係数 $\alpha = 3.57$ 、陸上移動電波伝搬の中央値変動の標準偏差 $\sigma_0 = 6.5\text{dB}$ とすると、所要 CNR マージン Γ_m / Γ_{th} は 7dB となる。(「移動通信の基礎」231 ページ図 9.15 劣化率の「同一周波干渉」参照)

② 表 2-8 に示した簡易業務型無線局の想定諸元から、ゾーンの半径 R を求める。基準感度が $0\text{dB } \mu\text{V}$ で CNR マージン Γ_m / Γ_{th} は①から 7dB であるので、受信機入力平均電圧が 7dB μV となる伝搬距離 R を秦式から求めると、 $R = 13.48\text{km}$ となる。

なお、秦式で求められる伝搬損中央値から、受信機入力電力の平均値への換算は、受信機入力電力の中央値 = 受信機入力電力の平均値 $\times \ln 2$ で行った。

③ 都市モデル(測定実験を行った東京都小金井市およびその周辺地区を想定)における、半径 13.48km の 1 ゾーンを想定する。

実面積は 471.9km^2 (ここで実面積とは、一辺が 13.48km の六角形の面積であって、半径 13.48km の実面積は $(6 \times (\sqrt{3}) / 4) \times 13.48^2 \doteq 471.9\text{km}^2$ である)

$$\begin{aligned} \text{④検討対象地域の台数は、(単位面積当りの台数) × (実面積)} \\ = 6.756 \text{ 台/km}^2 \times 471.9 \text{ km}^2 \doteq 3,188 \text{ 台} \end{aligned}$$

(エ) 総チャンネル数

$$\text{① 1ゾーン台数 : } 3,188 \text{ 台} \quad (\text{ウ}) \text{④から}$$

$$\text{② 1ゾーン呼量 : } 3,188 \times 0.0001315 \text{erl} \doteq 0.42 \text{erl/ゾーン。}$$

③ 上記呼量から呼損率を考慮した単位ゾーン当りの所要チャンネル数は、アーランの損失式負荷表（アーランB式）から、

$$\text{呼損率 20\%時のチャンネル数は、} \quad 2\text{CH}$$

$$\text{呼損率 10\%時のチャンネル数は、} \quad 2\text{CH}$$

④総チャンネル数

(繰り返しゾーンは9ゾーン)

$$\text{呼損率 20\%時の総チャンネル数は、} \quad 18\text{CH}$$

$$\text{呼損率 10\%時の総チャンネル数は、} \quad 18\text{CH}$$

(オ) 平成35年における簡易無線システム想定される必要なチャンネル数

上記(エ)の結果と、「図2-5 今後予想される150MHz帯簡易無線の推移」から、平成35年における、音声およびデータ、中継回線に必要と想定されるチャンネル数を求める。

図2-5から平成23年時点でアナログ音声は13.9万台であり、平成35年時点で音声は、デジタル+アナログ=15.7+1.2=16.9万台である。また中継とデータは3.9+4.9=8.8万台となっている。これから、平成35年時点では平成23年に比べて音声は、16.9/13.9=1.216倍であり、データと中継については、(平成35年におけるデータと中継) / (平成23年における音声) = 8.8/13.9=0.633倍となる。

上記(エ)から現時点(平成23年と想定)での呼量は、0.42アーランであるので、平成35年時点の呼量は、音声では0.42×1.216=0.51アーラン、データと中継では0.42×0.633=0.266アーランとなる。この呼量を収容するには、アーランの損失式負荷表(アーランB式)から、

音声では、

$$\text{呼損率 10\%で、2チャンネル、9ゾーンでは } 18\text{CH}$$

$$\text{呼損率 20\%で、2チャンネル、9ゾーンでは } 18\text{CH}$$

データと中継では、

$$\text{呼損率 10\%で、2チャンネル、9ゾーンでは } 18\text{CH}$$

$$\text{呼損率 20\%で、2チャンネル、9ゾーンでは } 18\text{CH}$$

となり、平成35年時点で、音声+データ+中継で、合計18+18=36チャンネルが必要になると想定される。

なお、音声通信では、人間が通信に介入することがほとんどであるため、呼損があってもチャンネルが空いてから再発呼をするなど、輻輳に対して柔軟な対応が可能であると考えられる。

一方、データ通信および中継用通信では、人間が通信に介在しない場合が想定されるため輻輳に起因する干渉により通信の一部が欠落した場合の対応が困難である。そこで、ここではデータ通信および中継用通信のためのチャンネルは、上記の音声チャンネルとは別のチャンネルを用いるものとした。

なお、中継の需要が無視できるほど少ないと仮定した場合には、
(平成 35 年におけるデータ) / (平成 23 年における音声) = $4.9/13.9=0.3525$ 倍となる。その場合、現時点 (平成 23 年と想定) での呼量は、0.42 アーランであるので、平成 35 年時点の呼量は、中継は $0.42 \times 0.3525=0.148$ アーランである。データ伝送に係るこの呼量を収容する為には、アーランの損失式負荷表 (アーラン B 式) から、
呼損率 10%で、1 チャンネル、9 ゾーンでは 9CH
呼損率 20%で、1 チャンネル、9 ゾーンでは 9CH
必要になると想定されるので、平成 35 年時点では上記音声の 18 チャンネルとの合計で、 $18+9=27$ チャンネルが必要になる。