

# 鹿児島県の降雨の特徴と衛星放送波への影響

内 野 誠\*・牧 瀬 哲 夫\*\*・吉 留 忠 大\*\*・  
安 田 茂\*\*\*・林 理三雄\*\*\*

## The Feature of Rainfall and 12GHz Propagation Characteristic in Kagoshima

Makoto UCHINO, Tetsuo MAKISE, Tadahiro YOSHIDOME,  
Shigeru YASUDA and Risao HAYASHI

In recent years, various telecommunication systems, including space communications, have developed quite remarkably.

This situation has led to a lack of available frequencies. To help promote the efficient usage of frequencies, we are studying an application of the 12GHz propagation characteristic for remote sensing of the atmosphere.

Also, because the 12GHz Broadcasting Satellite wave is influenced by rainfall, we are doing data analysis for the purpose of obtaining the characteristic features of rainfall in Kagoshima.

As a result, we could understand that, for obtaining a TV pictures of class 4 quality, the influence of rain attenuation in Kagoshima could not be compensated for with only one BS antenna.

This paper describes rainfall features, and how the 12GHz Broadcasting Satellite wave is influenced by rainfall.

### 1. はじめに

現在、宇宙通信を含む各種無線通信の発達に伴って「限りある資源」である周波数が、不足してきている。そこで我々は、周波数の有効利用の一環として降雨の影響を受ける12GHz帯衛星放送波（以下BS波という）を目的外の大気環境センシングにも利用することを検討し基礎的な実験を行っている<sup>1) 2) 3)</sup>。

また降雨の影響を受けやすいBS波を用いることで鹿児島における降雨の特徴を把握するためのデータ解析も行っている<sup>8)</sup>。これまで鹿児島地方での観測例はほとんどなく、本研究が持つ意味は大きいと思われる。実験の結果、鹿児島に於いては、1基のBSアンテナでは、TV画質4（画面上にごくわずかなノイズが出る程度）を得るために降雨減衰の影響を低減させることが困難であること等明らかになった。

今回は、これまでの実験・解析結果を用いBS波が降

雨により、どのような影響を受けるかを検討し、その対策を考察したので報告する。

### 2. 実験システム及びデータ解析

#### (1) 実験システム諸元

図1は、現在我々が、実験で用いているシステムのブロック図で表1は、システム諸元である。

#### (2) データ解析

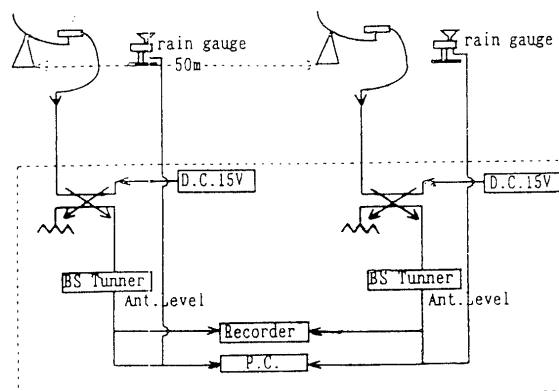


図1 測定システムブロック図

Fig. 1 Block diagram of measurement system

平成9年5月31日受理

\*東芝(株)

\*\*博士前期課程電気電子工学専攻

\*\*\*電気電子工学科

表1 システム諸元  
Table 1 System specification

BS/CS チューナー	SONY SAT-730SP	
雨量計	項目	精度
	感部	±10%以下
	変換回路	アナログ系 ±0.5%以下 デジタル系 ±0.5%以下
	変換回路	アナログ信号 0~0.28(V)
	出力	デジタル信号 1分積算値
	測定範囲	0~100(mm/h)
パソコン	NEC PC-9801VX	
AD変換ボード	Interface 98AD12(16)-LH	

表2 回線設計例  
Table 2 Example of link budget

	受信アンテナの直径 D (cm) ・ 受信アンテナ効率 η (%)				
	D=50・η=80	D=30・η=70	D=50・η=70	D=75・η=70	D=100・η=70
EIRP (dBw)	57	57	57	57	57
自由空間損失 (dB)	-205.6	-205.6	-205.6	-205.6	-205.6
大気・降雨減衰 (dB)	-2	-2	-2	-2	-2
受信アンテナ利得 (dB)	34.8	29.87	34.31	37.83	40.33
雑音入力 (dB)	-134.6	-134.6	-134.6	-134.6	-134.6
受信機入力レベル (dB)	-115.8	-120.73	-116.29	-112.77	-110.27
上りリンクC/N比 (dB)	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2
下りリンクC/N比 (dB)	18.8	13.87	18.31	21.83	24.32
総合C/N比 (dB)	18.7	13.84	18.24	21.67	24.06
回線マージン (dB)	6.7	1.84	6.24	9.67	12.06

今回のデータ解析を行うにあたって、現在の受信システムの回線設計を行った。

回線設計を行ったシステムは以下の通りである。  
(ただし、D：アンテナ直径 (cm)，η：アンテナ効率 (%) とする)

- ① D=50，η=80
- ② D=30，η=70
- ③ D=50，η=70
- ④ D=75，η=70
- ⑤ D=100，η=70

上記において②～⑤のシステムは、現在実際に用いている①のシステムと比較するために用いたシステムである。

回線設計の結果を表2に示す。

また、鹿児島県の降雨の特徴を抽出するために降雨強度データに関して次の2つのデータ処理を行った。

- ① 全時間に対する累積時間分布
- ② 1 mm/h 以上の降雨時間に対する累積時間分布

2つのデータ処理を行うことによって、それぞれの処理結果の特徴を把握し、衛星放送の回線設計を行うとき、①②どちらを参考にすればよいか、検討する。

なお、降雨強度データは、鹿児島地方気象台の1分間降雨強度データを用いた。

### 3. データ解析結果

今回鹿児島県の降雨の特徴を把握し、また、降雨が衛星

電波に与える影響を考察するために

- ・ 鹿児島における降雨強度の累積時間分布を求める。
- ・ 上記の結果と他県のデータを比較する。
- ・ 回線設計により求めた回線マージンが、鹿児島において十分であるかどうかを検討する。

という方法を用いた。

以下に、その詳細を示す。

#### (1) 降雨強度特性に関する結果

図2、図3は、1993年1月から1996年10月までの全時間と1 mm/h 以上の降雨があった時間に対する、累積時間分布の年変化を示したものである。

まず、全時間に対する累積時間分布をみると、1994年を除くと多少膨らみを持っていることが分かる。とくにここ数年のうちで最も降水量の多かった1993年は、降雨強度60 mm/h 以上の雨が年間総時間の0.1% (約8.76時間) 降ったことが分かる。降雨強度60 mm/h 以上の雨と言うのは、衛星放送波に対して10 dB以上の減衰を引き起こすことが、我々の実験で分かっている<sup>4)</sup>。この10 dB以上の減衰をカバーするには、先に求めた回線設計の表よりアンテナ直径が100 cm以上のものでなければならない。ま

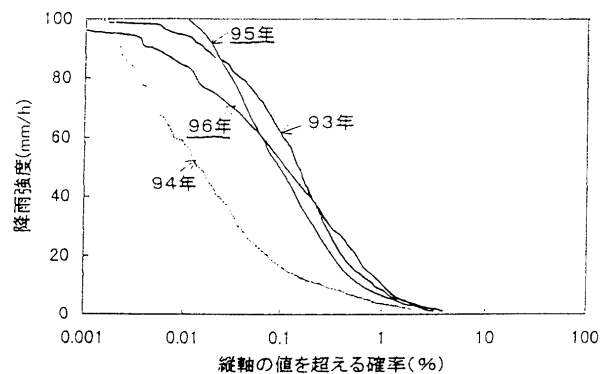


図2 降雨強度累積時間分布 (全時間に対するもの)  
Fig. 2 Cumulative distribution of rain rate for total time

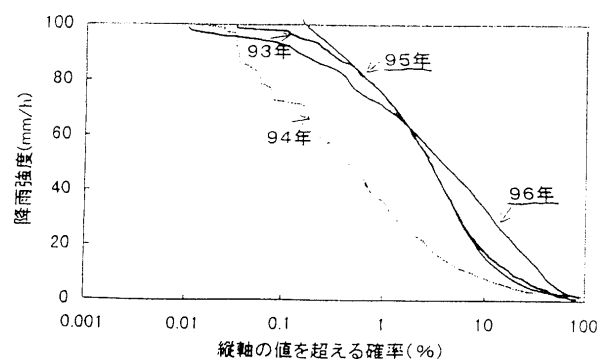


図3 降雨強度累積時間分布 (降雨時間に対するもの)  
Fig. 3 Cumulative distribution of rain rate for rain time

た、1 mm/h 以上の降雨があった時間に対する累積時間分布をみると、こちらも1994年を除くと多少膨らみを持っている。

このグラフが膨らみを持っている理由は、鹿児島に於いては、降雨があるときは、短時間に多量の雨を降らせる豪雨になりやすいことを示している。この雨が長時間降ることが頻繁にあるわけではないので、実際には雨が降ると、かならず豪雨災害になるとは限らない。

次に、上記のデータを他の県と比較してみる。図4、図5は、他の県<sup>5)</sup>と鹿児島の全時間および1 mm/h 以上の降雨があった時間に対する累積時間分布を示している。

これらの2つのグラフを見るとどちらのグラフも鹿児島は、他の4都市と異なった傾向を示していることが分かる。他の4都市の傾向は、異常渇水だった1994年の鹿児島のグラフと似ていることが図4、図5より分かる。つまり、鹿児島は、通常は降水量が多く強い雨が降りやすいということを示していると思われる。この事は、30年間の統計データよりも明らかになっている<sup>6)</sup>。

最後に、衛星放送の回線設計を行うときに降雨強度累積時間分布として全時間に対するものと、ある降雨強度以上（今回の場合、1 mm/h 以上）の雨が

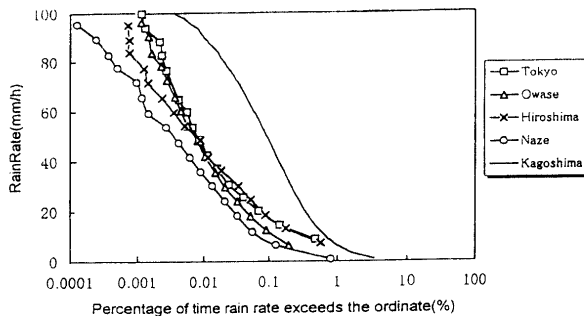


図4 降雨強度累積時間分布（全時間に対するもの）  
Fig. 4 Cumulative distribution of rain rate for total time

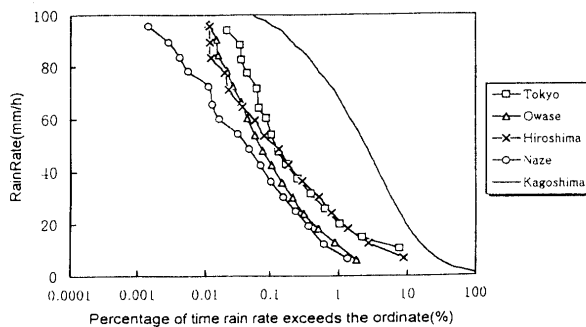


図5 降雨強度累積時間分布（降雨時間に対するもの）  
Fig. 5 Cumulative distribution of rain rate for rain time

降った時間に対するものどちらを用いる方が有効かを検討する。衛星からの電波は、基本的に降水量より降雨強度の影響を受けやすく、また鹿児島のように雨が降れば大雨になる確率が高い地方に於いては、全時間に対する累積時間分布より、ある降雨強度以上の雨が降った時間に対する累積時間分布を求める方が衛星放送の回線設計を行うときに有効であると考えられる。

## (2) 降雨減衰に関する結果

次に降雨減衰に関する結果を示す。図6は、1993年から1996年鹿児島における降雨減衰累積時間分布と、衛星放送の回線設計を行うときに用いられる日本の代表値を示したものである。

このグラフを見ると異常渇水だった1994年であっても日本の代表値<sup>5)</sup>を大きく上回っており、この事からも鹿児島は、特異な気象環境にあるのではないかと考えられる。次に回線マージンに関する結果を示す。ここで回線マージンとは、回線設計を行い求めた総合CN比より画質4を得るのに必要なCN比と大気・降雨減衰を考慮して求めたものである。たとえば、総合CN比20dBの場合、画質4を得るのに必要なCN比14dBで大気・降雨減衰を考慮し

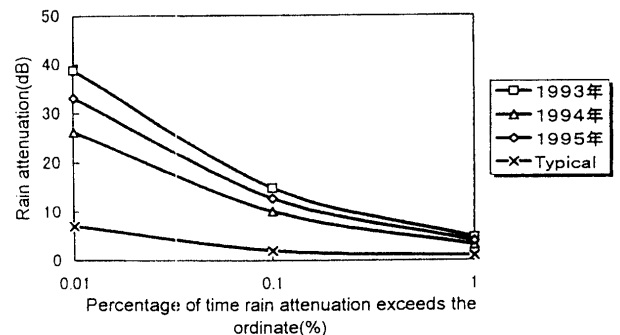


図6 降雨減衰累積時間分布  
Fig. 6 Cumulative distribution of rain attenuation

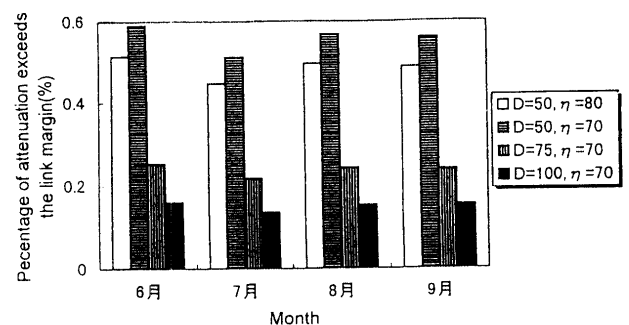


図7 回線マージンを超える減衰がおきる確率  
Fig. 7 Percentage of rain attenuation exceeds the link margin

た2 dBがあるので回線マージンは、 $20 - 14 + 2 = 8$  (dB)となる。

図7は、回線設計を行ったアンテナに対してどのくらいの割合で、回線マージンを超える降雨があったかについての1993年から1995年までの6月から9月の平均値である。

このグラフにおいてアンテナの直径が30cmでアンテナ効率が70%のグラフがないのは、回線マージンを超える降雨があった確率が常に1%を超えていたためで鹿児島に於いては、このアンテナは利用できないと考えたからである。

このグラフにおいてアンテナの効率を変化させたときの影響を見ると、回線マージンを超える減衰がおきる確率が、アンテナの効率を10%変化させても殆ど変化しないので、あまり効果がないと思われる。次にアンテナの直径を変化させたときの影響を見てみると、アンテナの直径を1.5, 2倍とすることによって回線マージンを超える減衰がおきる確率が大きく下がっているの、かなり効果があると考えられる。これは、回線マージンに大きく影響する受信利得が、アンテナ直径の2乗に比例するが、効率には比例するためだと考えられる。しかし、アンテナの直径を大きくすると次のような問題が出てくる。

- ・鹿児島に於いては、台風の影響を受けやすい。
- ・設置場所がない。
- ・ビーム幅がシャープになる。

具体的には、まず台風の影響を受けやすいというのは、鹿児島は、台風の通り道であり毎年被害を受けている。この台風による強風の影響で大きなアンテナは倒壊する恐れがあるということである。次に、設置場所がないというのは、直径1 m位のアンテナは非常に大きく一般家庭に容易に設置できないということである。最後にビーム幅がシャープになるというのは、一般にビーム幅がシャープになると利得が大きくなるが、衛星をとらえにくくなるので一般家庭には適さないということである。

そのために、アンテナの直径を大きくする以外の方法で対処しなければならない。

#### 4. まとめ

上記のような理由により現在我々は、2基のBSアンテナを用いて受信電力を合成する開口合成法を検討し予備実験を行っている。この開口合成によって50cmのアンテナ2基で70cmのアンテナ1基で受信したときと同じ効果があると思われる。実際1996年11月より、アンテナ直径が30cmと75cmのシステムにおいても観測を開始したので、それらのデータと比較することにより、開口合成法による効果を把握できると考えている。また今回は、降雨強度データより鹿児島の降雨の特徴を把握してきたが、1996年の6月から8月の期間に鹿児島県山川町に於いてウインドプロファイラ、ラジオゾンデ、シーロメータを用いた集中観測を行っており、それらのデータを解析することにより、より詳細な、鹿児島の降雨の特徴を把握できるのではないかと考えている。

#### 5. 参考文献

- 1) 林, 内野 他: 「鹿児島における12GHz 伝搬特性」平成7年度電気関係学会九州支部連大 916
- 2) 林, 牛ノ濱 他: 「12GHz 高精度大気環境センシング実験」平成7年度電気関係学会九州支部 連大 917
- 3) 林, 本原 他: 「鹿児島における降雨の特徴と伝搬特性への影響」平成7年度電気関係学会九州支部連大 918
- 4) 林, 内野 他: 「鹿児島における衛星放送の瞬断率に関する考察」テレビ学技報 Vol. 20, NO. 2 ISSN 0386-4227 pp. 9-12
- 5) 森田 和夫: 「降雨強度分布についての考察」研究実用化報告第26巻第5号(1977) pp. 1469-1480
- 6) 理科年表1951年~1980年の降水量統計データ
- 7) 進士 昌明: 「無線通信の電波伝搬」電気情報通信学会
- 8) 林, 牧瀬 他: 「鹿児島における降雨の特徴」平成8年度日本気象学会九州支部講演会講演要旨集第18号, pp. 61-64