

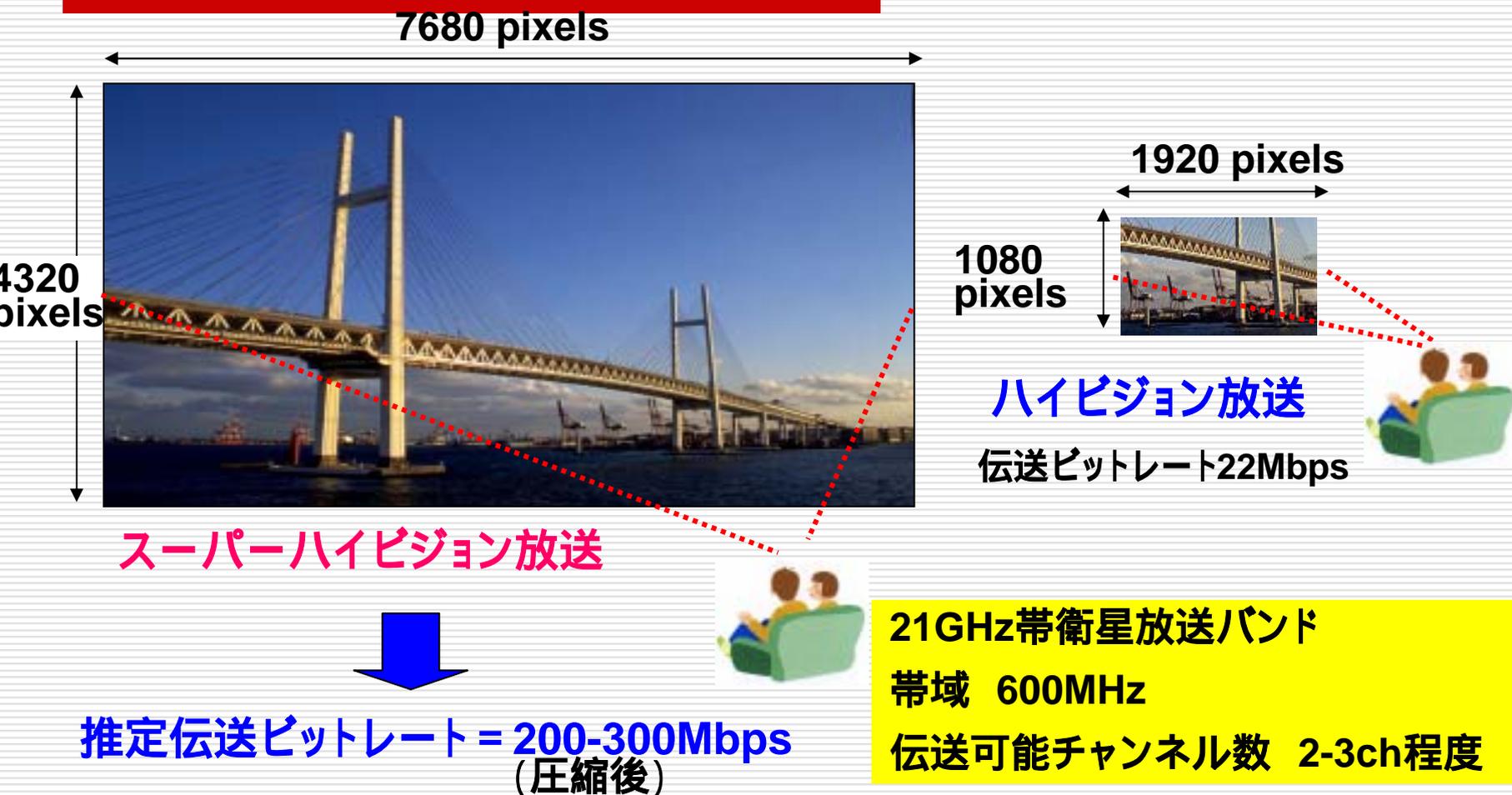
21GHz帯衛星放送実現のための 新しい降雨減衰推定法

峯松史明 鈴木陽一 今井一夫 正源和義
NHK放送技術研究所

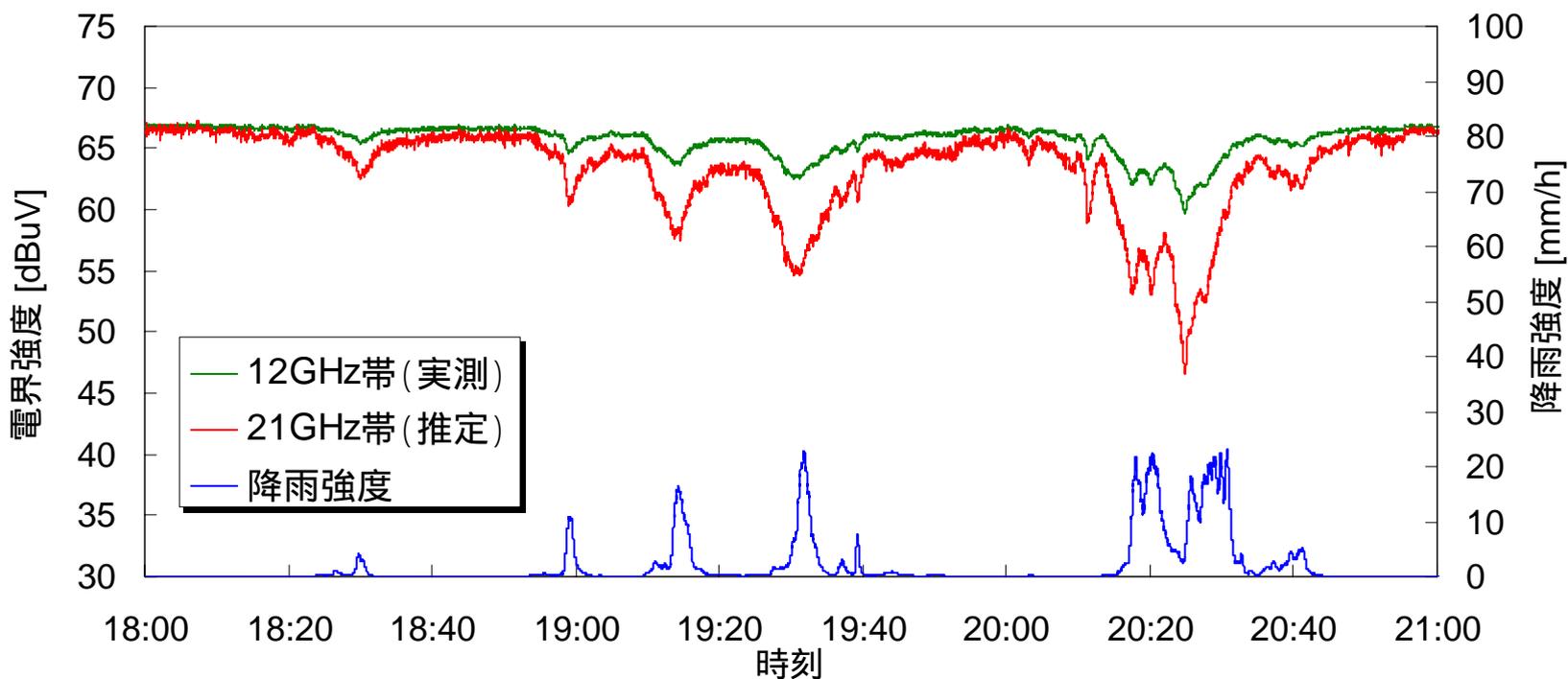
報告内容

- スーパーハイビジョン放送と21GHz帯
- 可変EIRP衛星放送システムによる降雨減衰補償
- 降雨減衰補償量決定のための短時間降水予報値の利用(1時間雨量値の利用)
- 1時間降雨中の降雨強度分布と降雨減衰分布
- 全国の1時間降雨中の1分間降雨強度推定
- 全国の1時間降雨中の21GHz帯降雨減衰推定
- まとめと今後の課題

スーパーハイビジョン放送と21GHz帯

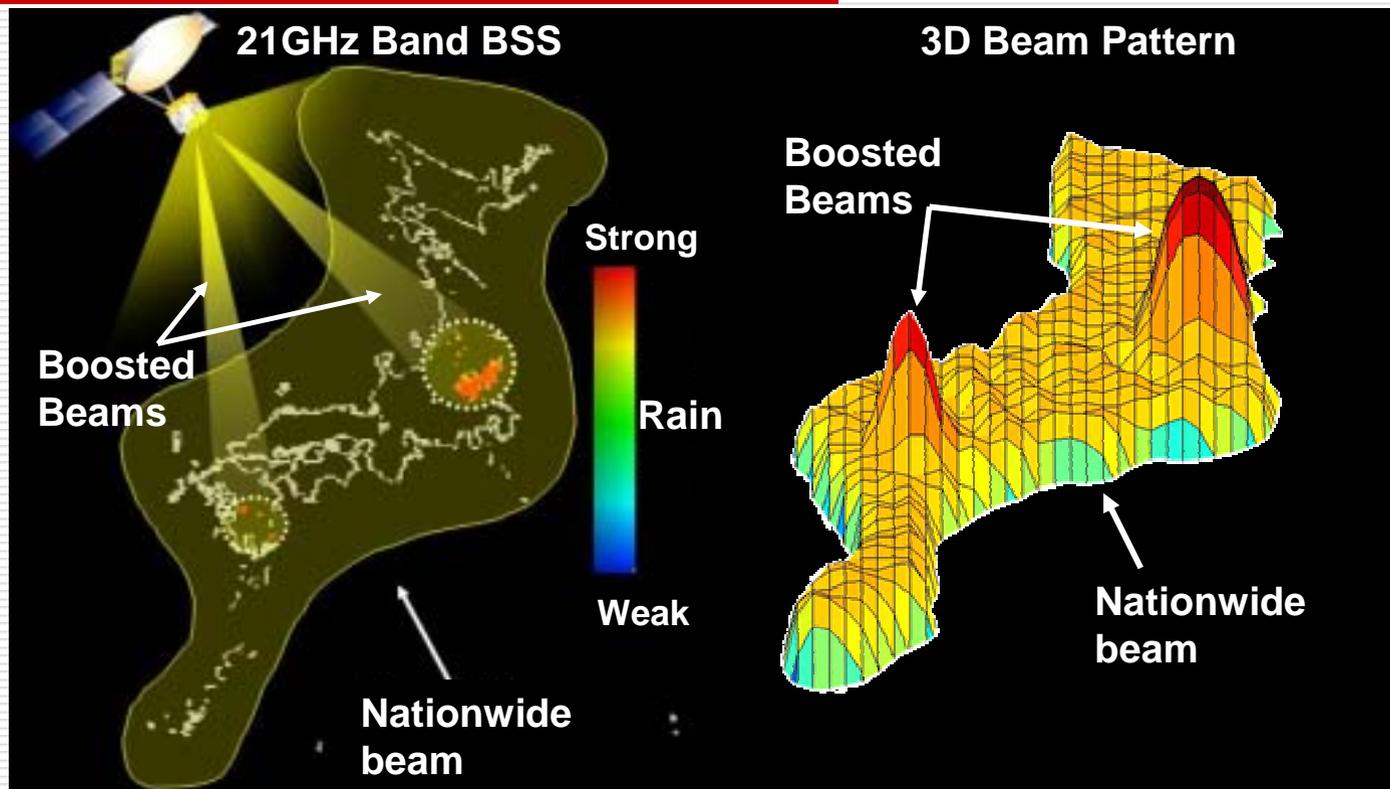


21GHz帯の降雨減衰(推定)



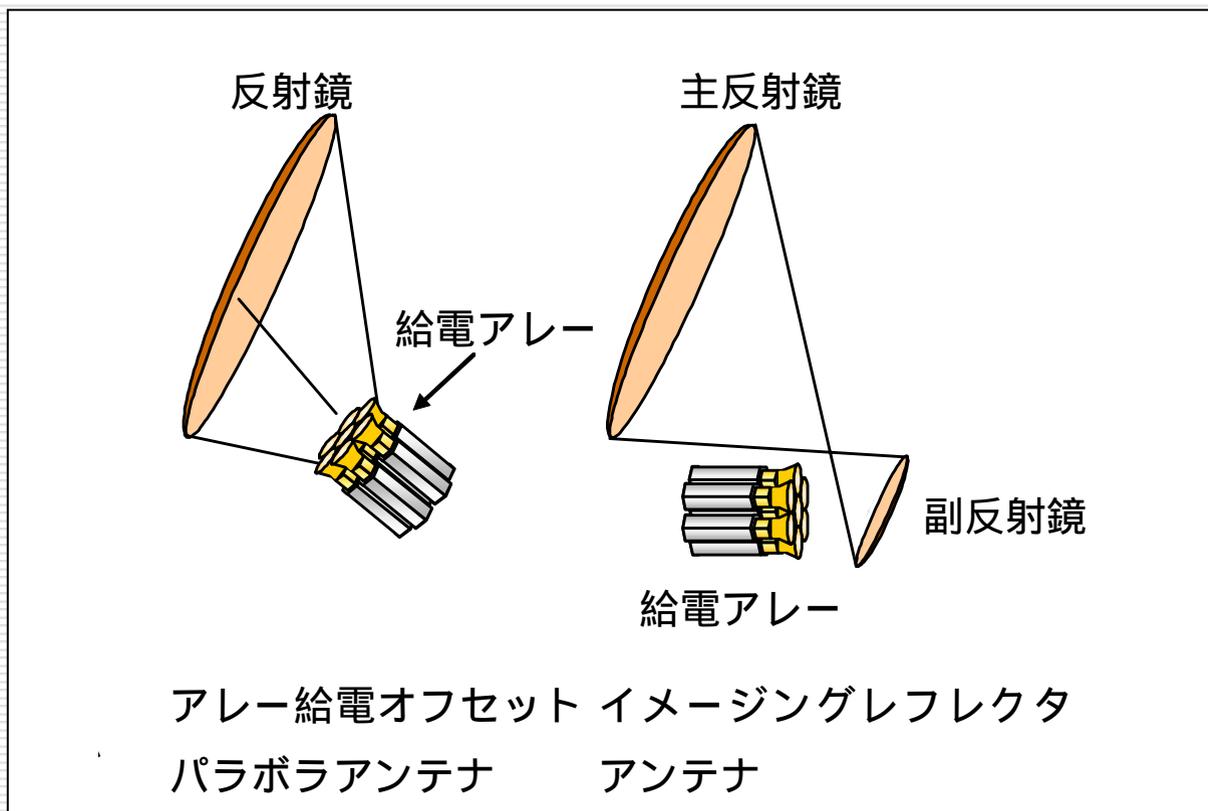
21GHz帯の降雨減衰量は12GHz帯の降雨減衰の約3倍(dB値)

可変EIRP衛星放送システムによる 降雨減衰補償



雨域に対して送信電力を局所的に増加させ 降雨減衰を補償

大型フェーズドアレー送信アンテナ



降雨減衰補償電力量の決定

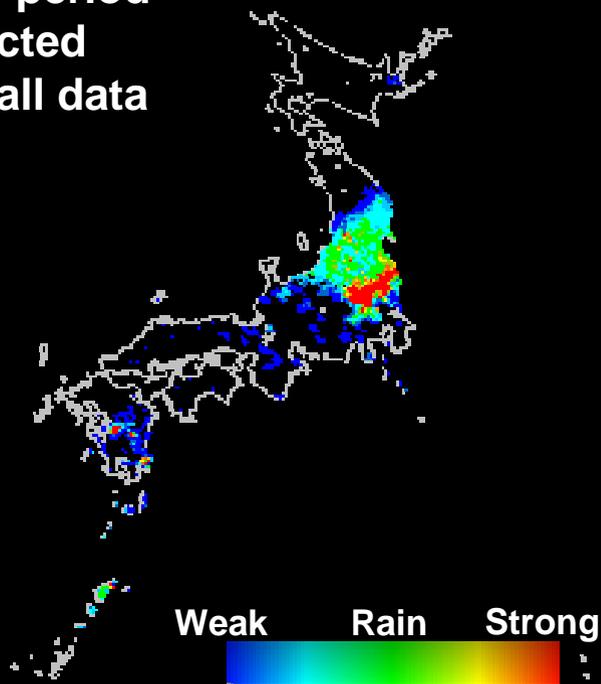
- 雨域内の降雨減衰状況を予測する必要あり
- 増力ビームによる補償効果の評価

受信モニタ局の多数設置による降雨減衰モニタリング
現実性乏しい

気象庁の短時間降水予報値(1時間雨量)の利用
高い地理的分解能で全国をカバー

気象庁の短時間降水予報と降雨減衰

Example of
Short-period-
Predicted
Rainfall data



- 日本国土上の5km四方毎の1時間雨量値を先6時間分予測
- データ更新間隔は30分

1時間雨量

降雨減衰の変化という点からは
非常に時間尺の長い雨量である。

1時間降雨中の降雨減衰分布を
推定し、1時間雨量予測データから
降雨減衰補償量を求めたい

1時間雨量と降雨状況

1時間雨量と降雨状況

1時間雨量の範囲	雨の表現	降雨状況
1時間雨量 3mm 未満	弱い雨	地面がしっかり湿る
1時間雨量 3mm 以上 10mm 未満	普通の雨	雨の音がよく聞こえ、道路や庭先にたちまち水たまりができる
1時間雨量 10mm 以上 20mm 未満	やや強い雨	ザーザーと降る。地面一面に水たまりができ、雨の音で話し声もよく聞こえない。長く続くと警戒が必要。
1時間雨量 20mm 以上 30mm 未満	強い雨	土砂降りの雨。側溝や下水、小さな川があふれ、小規模の崖崩れが始まる

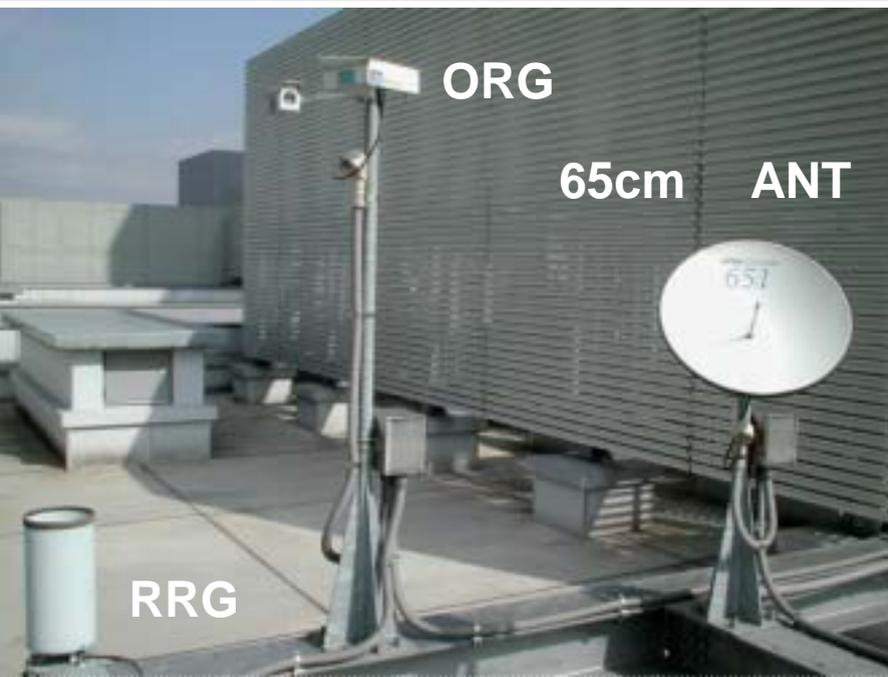
日本のアメダス観測点の約半数では
1時間雨量5mmの降雨
年間約17回以下の発生頻度
1時間雨量10mmの降雨
年間約3回以下の発生頻度

1994年4月から2001年12月までの全
国アメダス観測点1194点での調査結果

本報告

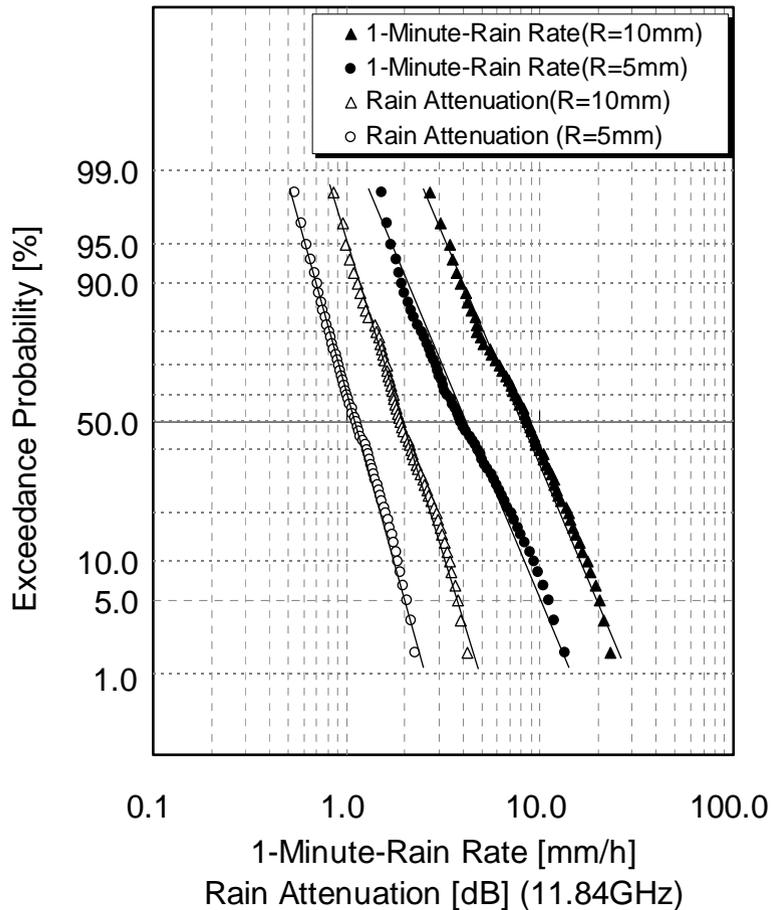
1時間雨量5mm～10mmの降雨を
調査

NHKの 降雨減衰及び降雨強度の観測システム



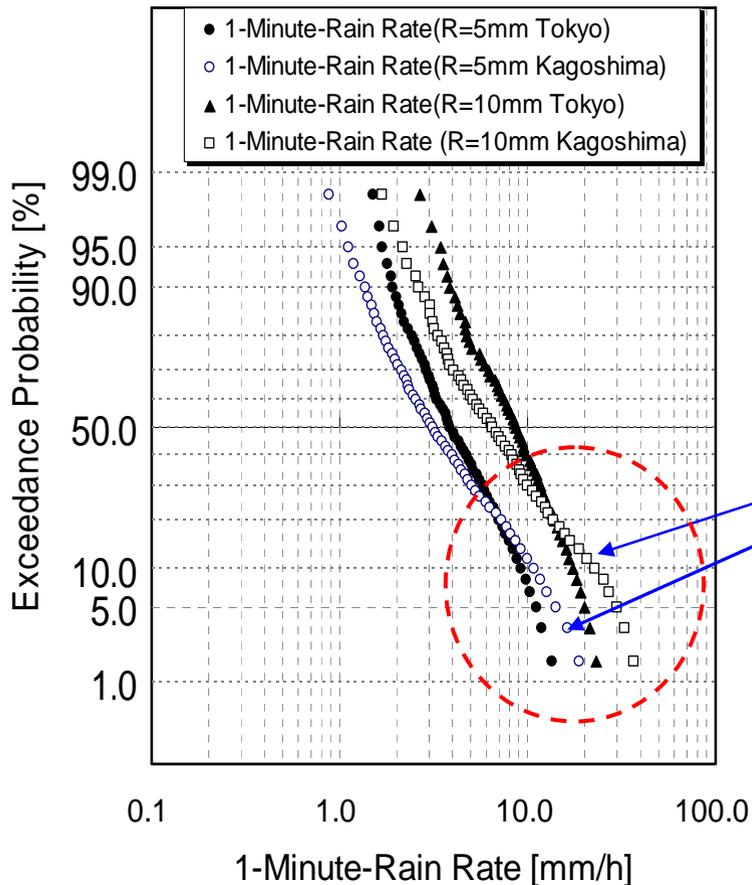
電波元となる放送衛星	BSAT-1a
観測電波の周波数	11.84 GHz
受信アンテナ	65cm径パラボラ アンテナ
測定ダイナミックレンジ	約 20 dB
降雨強度計	光学式降雨強度計及 雨滴計数型降強度計
光学式降雨強度計測定 ダイナミックレンジ	500 mm/h
サンプリング周波数	1秒
降雨減衰抽出用LPF遮断 周波数	0.025 Hz
観測地点	東京、川崎、鹿児島 沖縄
観測期間	~2000年

1時間降雨中の 1分間降雨強度分布と降雨減衰分布(東京)



1分間降雨強度分布、降雨減衰分布共に**対数正規分布**で近似できる

異なる地点の 1時間降雨中の1分間降雨強度分布



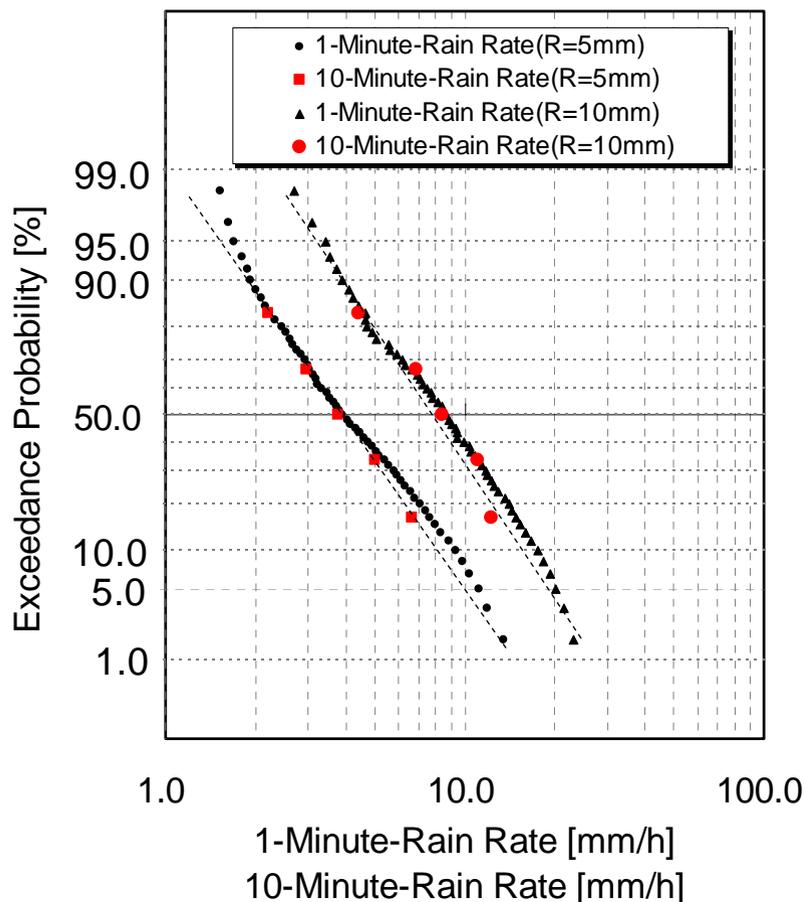
同じ1時間降雨であっても**地点によって分布に差がある。**

鹿児島の方が高い1分間降雨強度が存在する確率が高い

問題点

1分間降雨強度の全国の観測データの入手は不可能

1時間降雨中の 1分間降雨強度と10分間降雨強度の関係

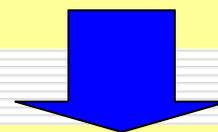


10分間降雨強度分布(直線近似)を
延長したものと

1分間降雨強度分布は良く一致して
いる

近似誤差は17%未満

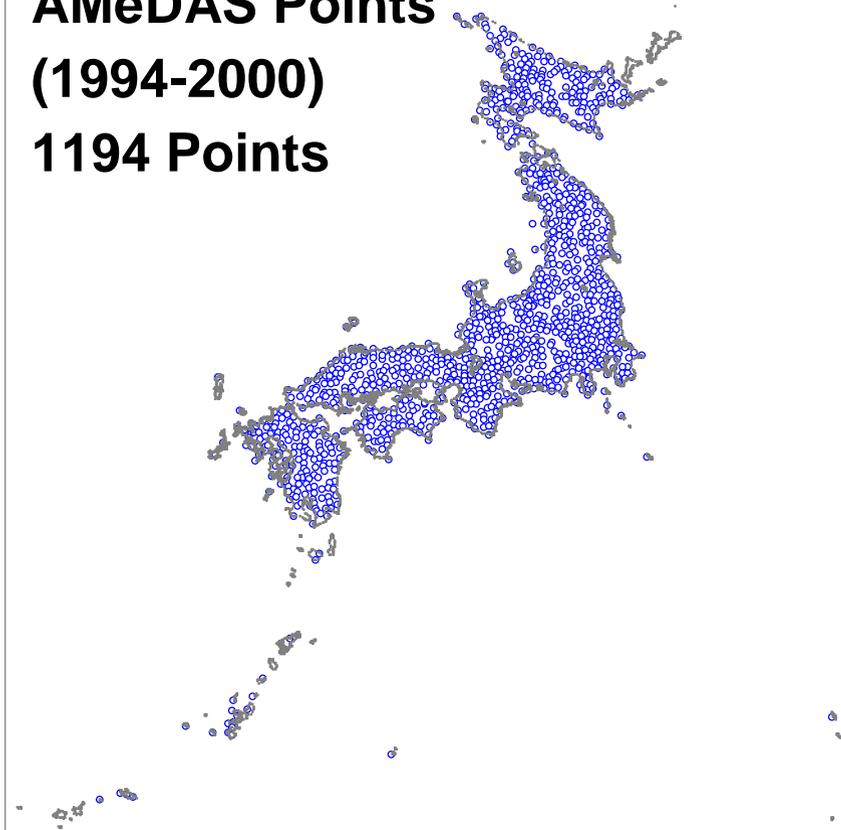
1時間降雨中の10分間降雨強度
分布を1分間降雨強度分布として
代用する



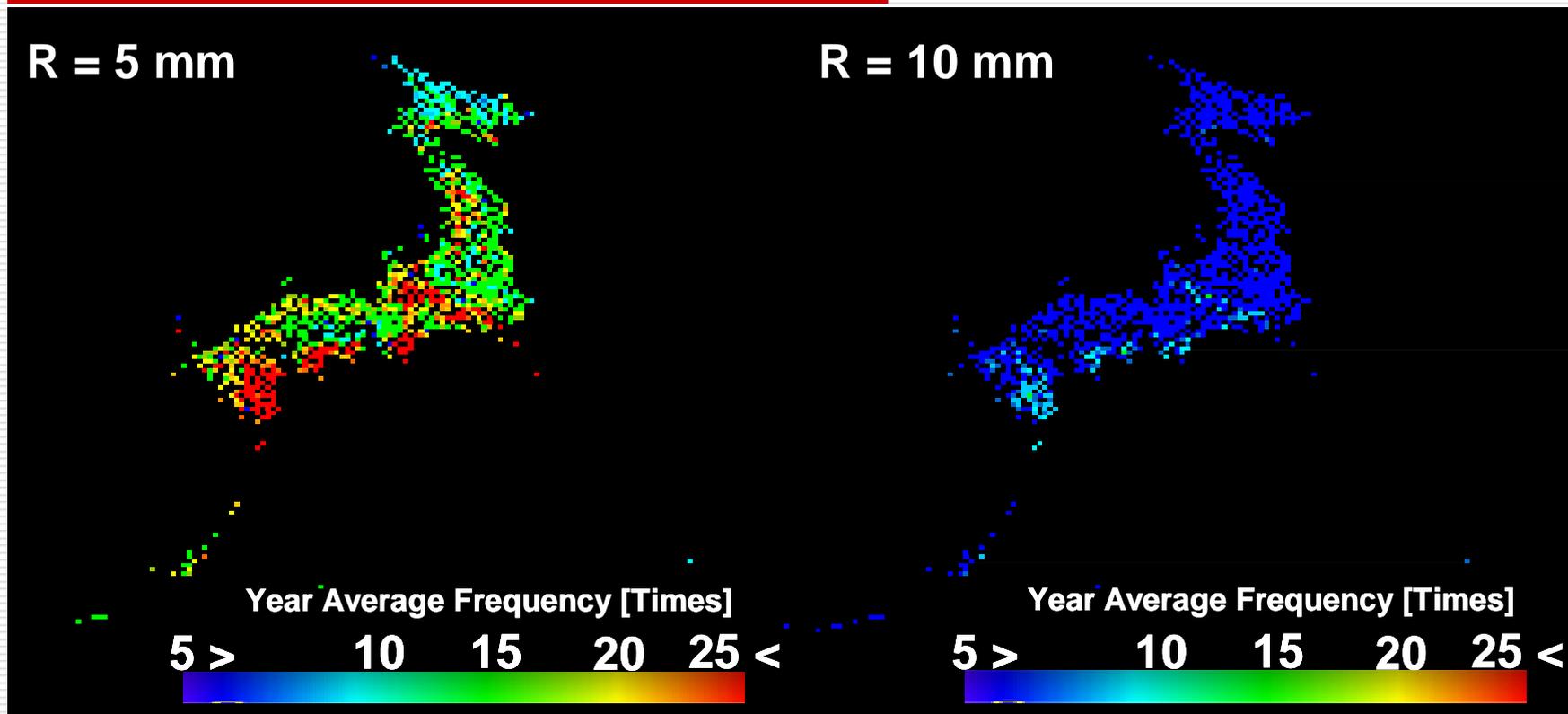
気象庁アメダス10分雨量データが
活用できる

アメダス観測地点の例

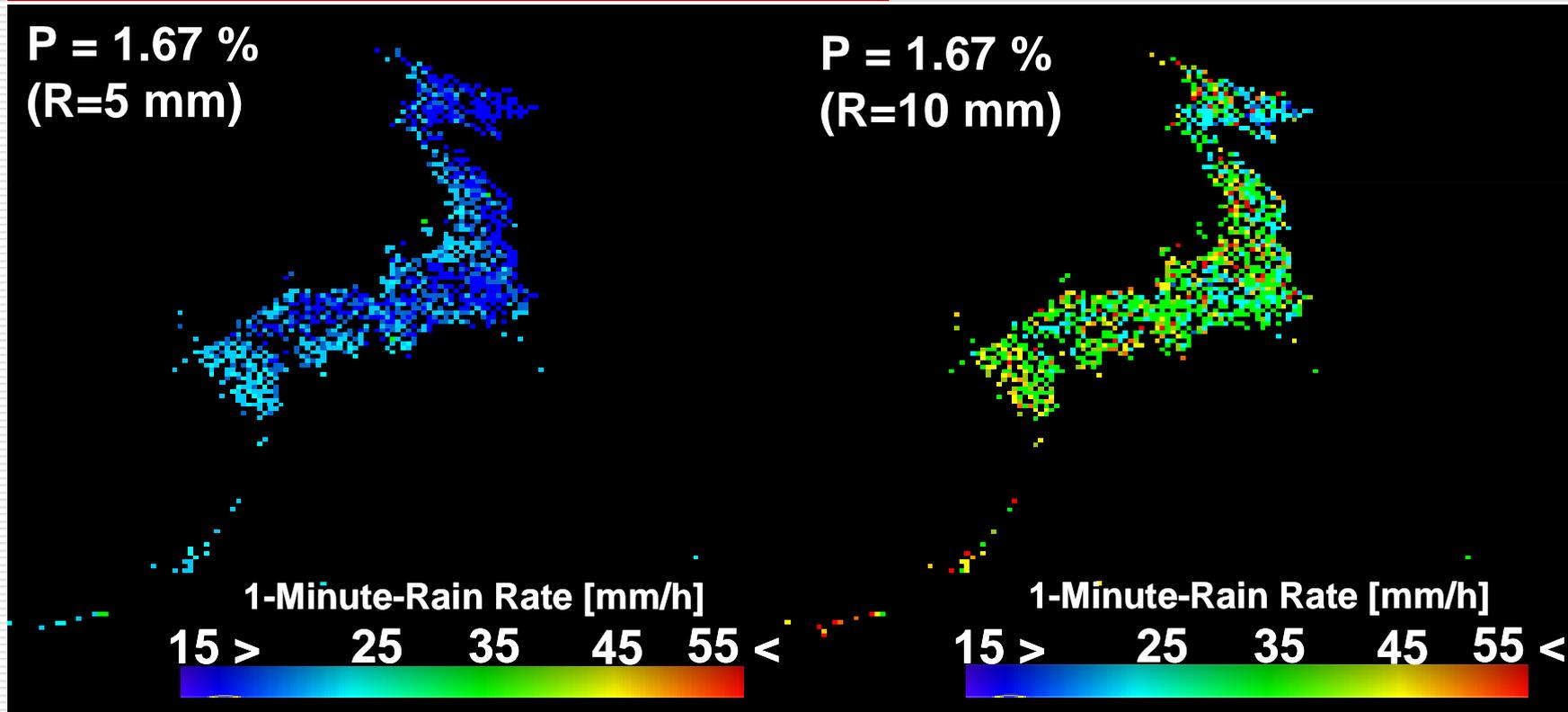
**AMeDAS Points
(1994-2000)
1194 Points**



1時間降雨の年間平均発生回数 (R=5mmと10mm)



1時間降雨中の 1分間降雨強度の全国分布推定結果



同じ1時間雨量であっても1分間降雨強度分布には
全国規模で地域差がある

1.67%値 = 1時間の1分に相当

1分間降雨強度から降雨減衰への変換

$$A(p) = \gamma R(p)^n \cdot L(\theta, H_0, h) \cdot \eta(p) \quad [dB]$$

$A(p)$ 超過確率 $p\%$ の降雨減衰量

$R(p)$ 超過確率 $p\%$ の1分間降雨強度

$L(\theta, H_0, h)$ 衛星斜め伝搬路長(降雨下)

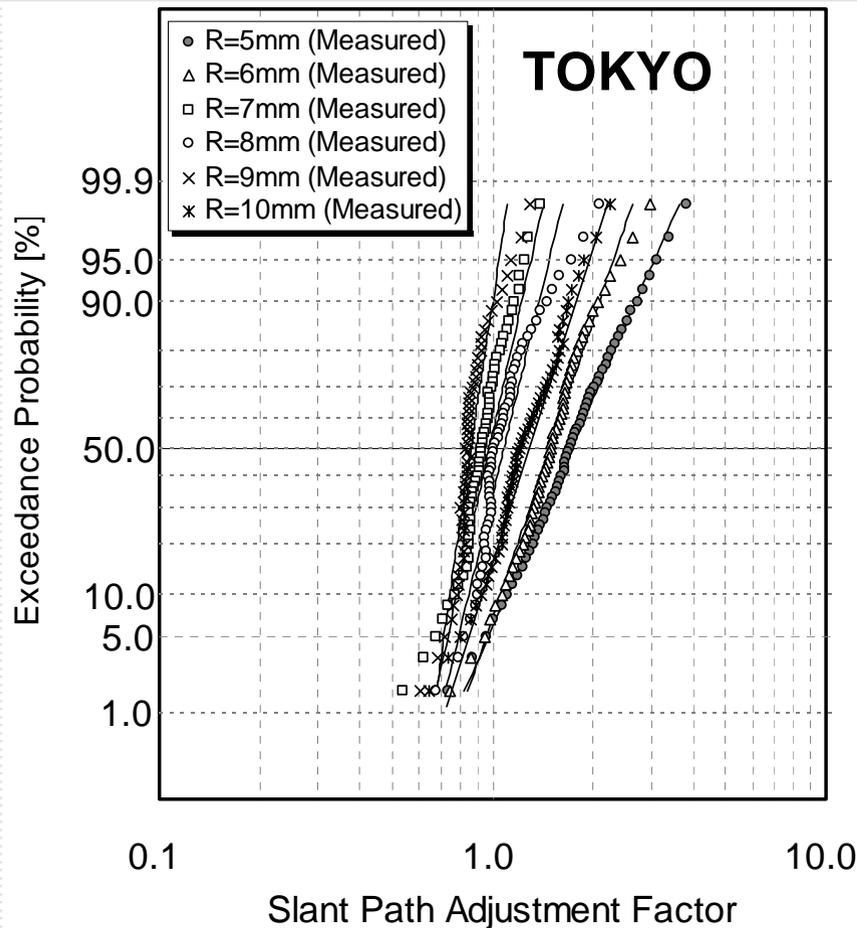
$\eta(p)$ 超過確率 $p\%$ の斜め通路長調整ファクター

$\gamma = 0.11274$
 $n = 1.00400$ } ITU-R P.838-5(2005)により計算

$H_0 = 3.66 + 0.140 \cdot \psi - 0.00342 \cdot \psi^2$ [km] 雨滴層高度

$(24 < \psi < 45^\circ N)$ 佐藤, "降雨強度の空間相関及び雨滴層高度についての検討
信学誌 Vol.J66-B No.4 pp.493-500 の掲載式を利用

1時間降雨の 斜め通路長調整ファクターの実測結果



斜め通路長調整ファクターは
対数正規分布で近似できる

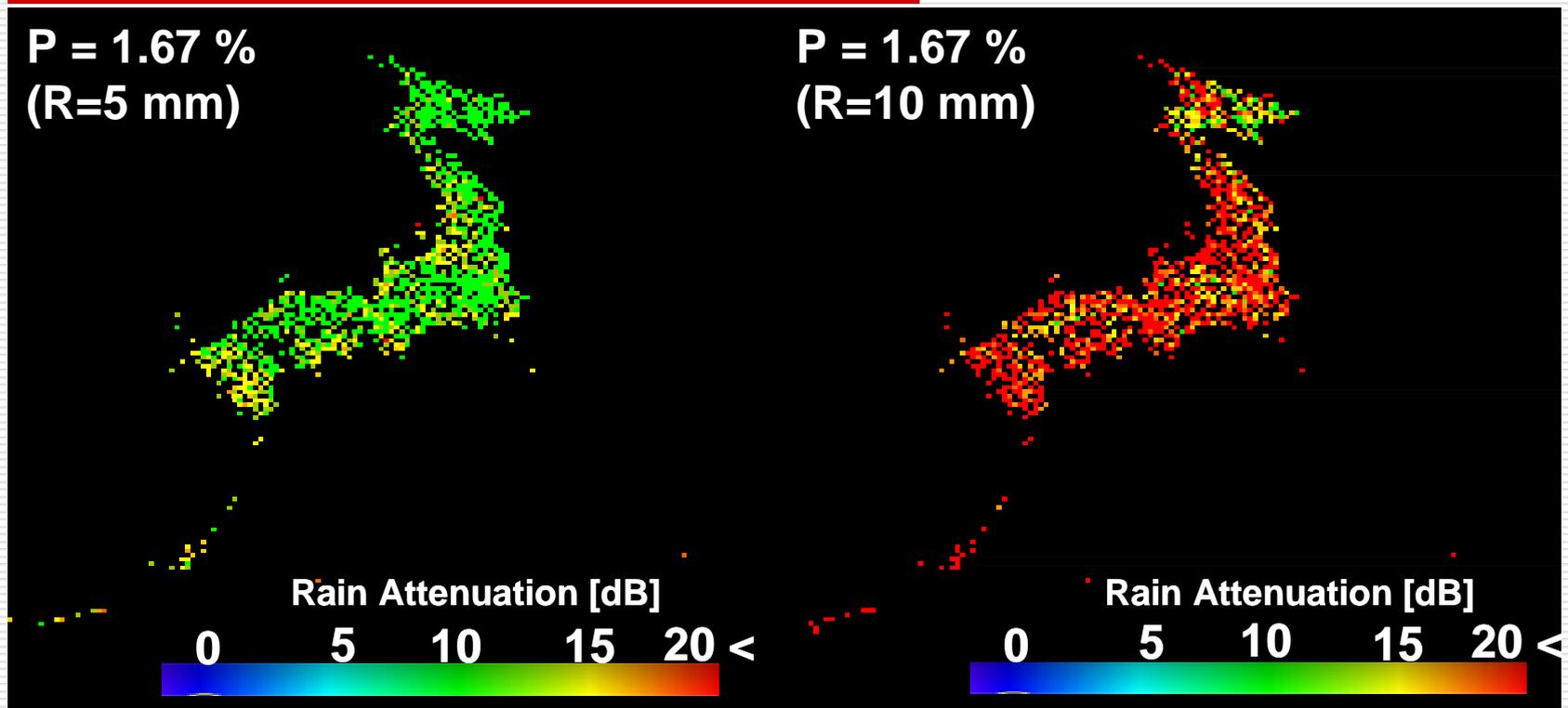
おおよそ1時間雨量が大きくなるに従い
ファクターは小さくなる

超過確率が小さい程、1時間雨量間の
ファクターのばらつきは小さい

全降雨を対象にした等価通路長に関する
過去の検討では、地域差があまり無し
と報告されている

本検討では、全国の斜め通路長調整
ファクターにこの観測結果を適用した

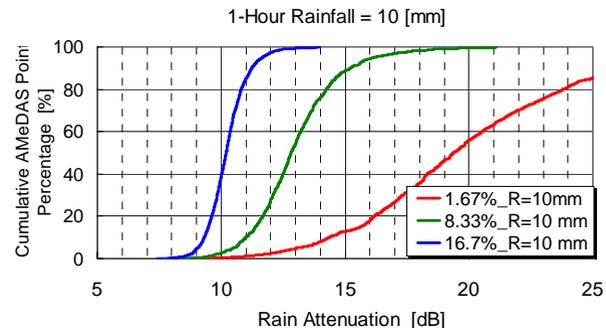
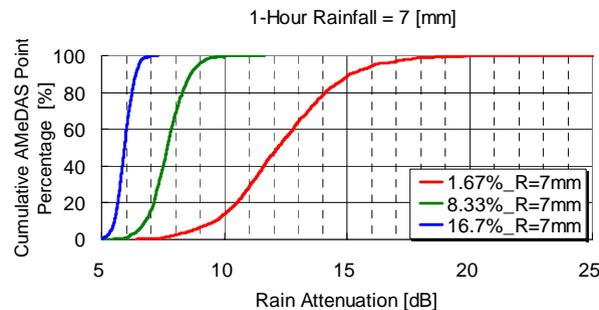
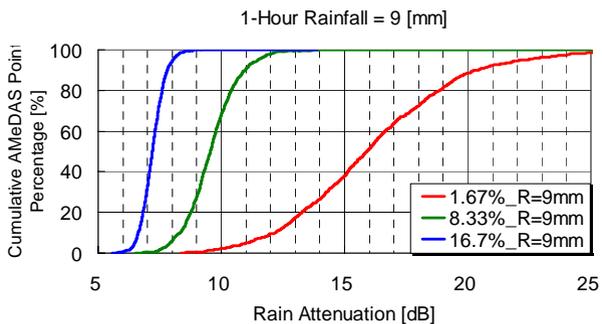
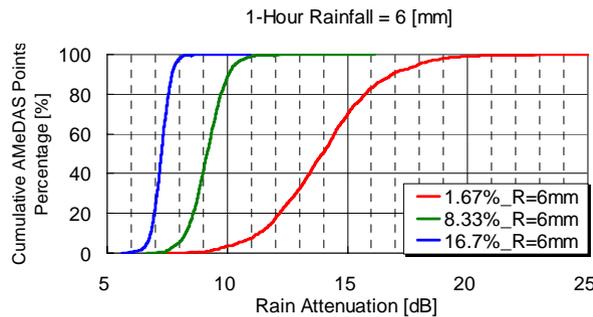
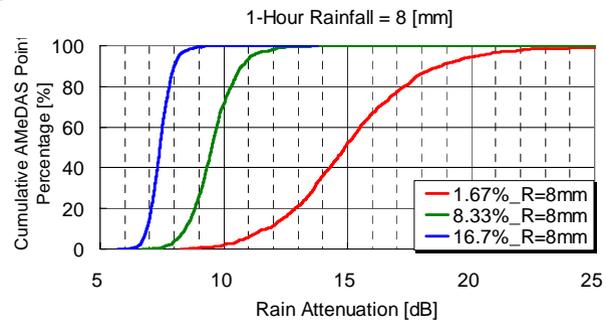
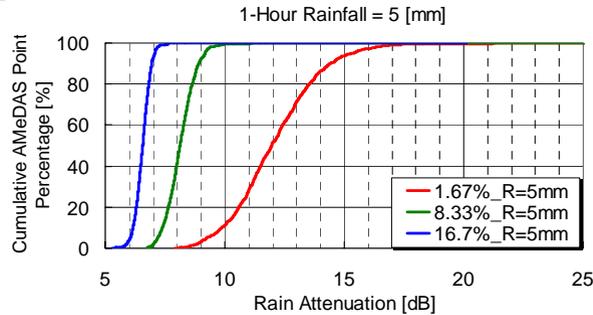
1時間降雨中の 21GHz帯降雨減衰の全国分布推定結果



同じ1時間雨量であっても降雨減衰分布には
全国規模で地域差がある

1.67%値 = 1時間の1分に相当

1時間降雨中の21GHz帯降雨減衰量と 累積アメダス地点数%の関係



まとめと今後の課題

- 21GHz帯可変EIRP衛星放送システムの降雨減衰補償電力決定のための降雨減衰推定法について検討した
- 1時間降雨中の1分間降雨強度分布、降雨減衰分布は対数正規分布で近似でき、かつ地域差がある
- 1時間降雨中の1分間降雨強度分布は10分間降雨強度分布で近似が可能
- 斜め通路長調整ファクターの理論的算出法や、雨量データが異なることによる推定誤差については今後の検討課題
- 降雨減衰の動特性の解明