

JCSAT通信衛星—室蘭工業大学実験局間の

降雨電波減衰測定について

建設・機械系（情報工学科） 岡 和喜男

1 はじめに

近年、ネットワークの急速な普及に伴い、3次元空間を表現する技術やより高度なインターフェイス技術が一般化しつつある。同時に衛星通信の実用化も広域性、広帯域性・同報性・回線設定の柔軟性・対災害性などの特徴を有する衛星通信システムとしてさまざまな分野で利用され増加する傾向にある。さらに情報の利用の仕方も多次元的な表現に変化している。特に、商用通信衛星と超小型地球局（VSAT: Very Small Aperture Terminal）を用いた衛星通信は、比較的小規模なデジタル衛星通信システムとして実現でき、システム構築の容易性及び加入者線が不要になることによる回線コストの低減等の有利性をも兼ね備えているため、これを利用した各種ネットワークが増加する傾向にある。中でも静止放送衛星を用いた放送サービスは一般家庭にまで提供され身近になってきている。

しかし、10GHzを超える衛星通信では、降雨・降雪による電波減衰が回線品質に大きな影響を与えることがあり、複数の施設で降雨減衰の測定や変動特性の調査が行なわれてきている。一方、ネットワーク上のTCP/IPに準じたりアルタイム衛星通信システムなどでは、遅延時間が問題点に挙げられ研究が行なわれている。

本学でも、株式会社 日本サテライトシステムズ（以下「JCSAT」と称する。）のご厚意により、1993年1月からJCSAT-1号衛星の回線の一部を利用して頂き、VSAT実験局設備を本学CRDセンターに設置し、「デジタル衛星通信の大学間高度共同利用研究協議会（UnSAT協議会）」一員として、通信実験を行っている。

我々も、室蘭工業大学近郊におけるKuバンド衛星通信回線（14/12GHz帯）の降雨減衰特性を解明するために、JCSAT-1号衛星と本学実験局間の降雨減衰自動観測システムの構築と降雨減衰量データの収集を行ってきた。

これまで、この観測システムによって得られた降雨減衰量データを基に、本衛星回線上の降雨減衰量と転倒升型指示雨量計の降水強度および参考データとしてのレーダ雨雪量計の降水強度との比較を行ってきた^[1,2]。ここではこれまで得られた結果について報告する。

2 自動観測システムの概要

システムの概要を図1に示す。VSAT実験局は日本電気製で、1.8mΦのパラボ

ラアンテナとODU（屋外装置）およびIDU（屋内装置）から構成されている。使用周波数は、地球局から衛星への通信（アップリンク）が14GHzで、衛星から地球局への通信（ダウンリンク）が12GHzである。JCSAT-1号衛星は東経150°の静止軌道に打ち上げられ、本学実験局からの仰角および方位角は40.3°と166.8°に設定されている。衛星からの受信信号はODUで500MHzの中間周波数に変換され、IDUのAUX端子から取り出し、スペクトラムアナライザ（ADVANTEST-R4136A）でアベレージング処理の制御を行なわせ、そのトレースデータをGP-IBを介してパソコンのハードディスクに格納させている。

パソコン用自動計測プログラムでは、パソコンからスペクトラムアナライザの各種制御を可能とし、5分毎の連続自動計測と計測データの記録を可能にしている。なお、1日のデータ量は約840KB（288点×2916 byte）とし、転送速度（DMA方式）200KB/secでハードディスクに取り込まれている。このシステムにより得られた、晴天時の受信信号の周波数スペクトル（トレースデータ）の一例を図2に示す。中央の505.75MHz付近が本学の受信チャンネルであり、他のチャンネル信号も観測されている。505.75MHz、505.75MHzが東北学院大学および電気通信大学のチャンネル信号である。各チャンネルが使用できる帯域巾は85kHzとなっている。

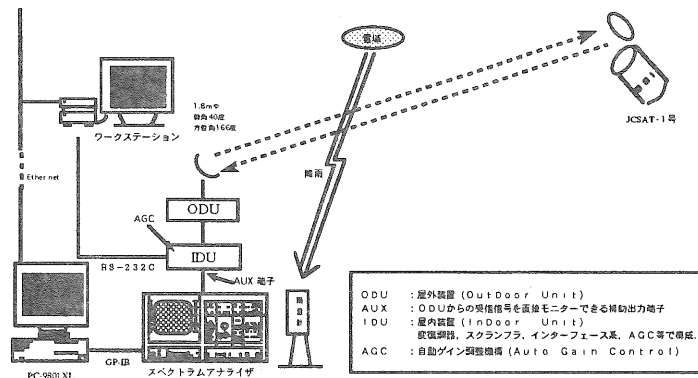


図1 自動観測システムの構成

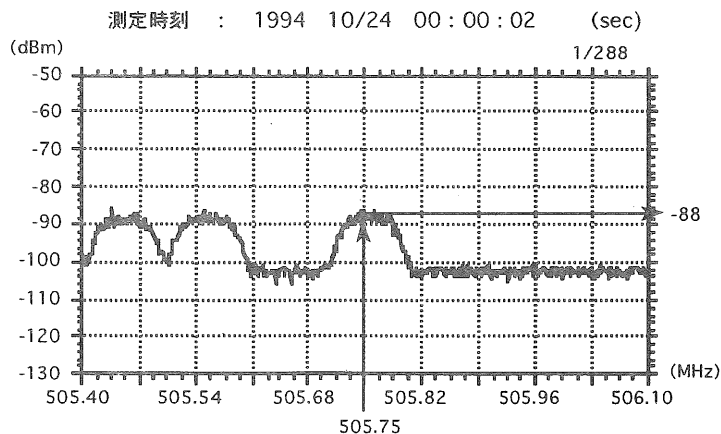


図2 晴天時の受信信号の周波数スペクトル例

3 観測された各データについて

降雨時に観測された降雨減衰量と雨量計およびレーダ雨雪量計の降水強度の時間変動特性の一例を図3および図5に示す。降雨による信号レベルの減衰を算出した降雨減衰量は、5分毎の自動計測の値を時間区間毎の10分間の平均で図示している。地上降水量は東京管区气象台長検定済の転倒升型指示雨量計(0.5mm分解能)により本学キャンパス内にて観測した5分間隔で得られた降水強度(mm/5min)の値を降水強度(mm/10min)に変換し図示している。また、同時刻のレーダ雨雪量計の降水強度は、本学実験局上空の約10Km²の極座標メッシュ内で得られる5分間のレーダエコーを積算平均した降水強度(mm/h)を降水強度(mm/10min)に換算した値である。

図3は、1995年5月30日、0時~24時迄の間に観測された降雨減衰と雨量計およびレーダ雨雪量計の平均降水強度との関係を示した例である。降雨減衰は時刻08:27にピークを有し、その時の瞬時降雨減衰量は約7.3dBの値が観測されている。この時刻における平均降水強度は、雨量計で6.0mm/10min、レーダ雨雪量計で1.08mm/10minの値を示している。この降雨に関する降水強度と降雨減衰量の相関関係を図4に示す。雨量計との相関係数は約0.94、回帰直線の傾きは約1.0の値が得られた。一方、レーダ雨雪量計では相関係数は約0.67、回帰直線の傾きは約2.82と雨量計に比べ弱い相関の結果が得られている。同様に図4は、1995年8月20日の観測例である。降雨減衰は時刻12:47と21:22にピークを有し、その時の各々の瞬時降雨減衰量は、約10.7dBと約13.3dBの値が観測されている。平均降水強度は雨量計で4.0と2.5(mm/10min)、レーダ雨雪量計で1.25と0.92(mm/10min)の値を示している。この降雨に関する降水強度と降雨減衰量の相関関係を図6に示す。雨量計との相関係数は約0.78、回帰直線の傾きは約1.49の値であり、レーダ雨雪量計では、相関係数は約0.53、回帰直線の傾きは約2.99の結果であった。

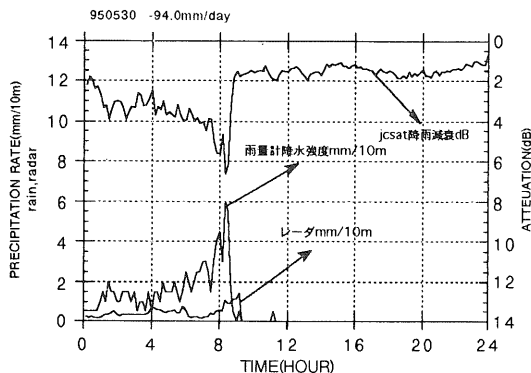


図3 各降水強度と降雨減衰の時間変動特性(1995年5月30日)

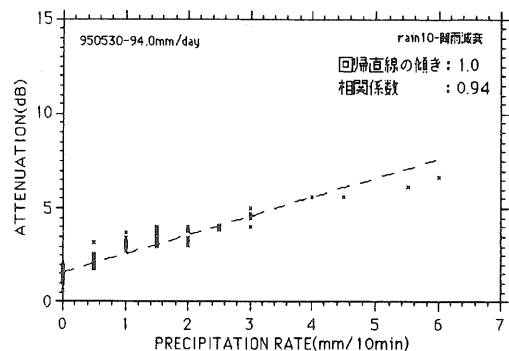


図4 降水強度(雨量計)と降雨減衰との相関(1995年5月30日)

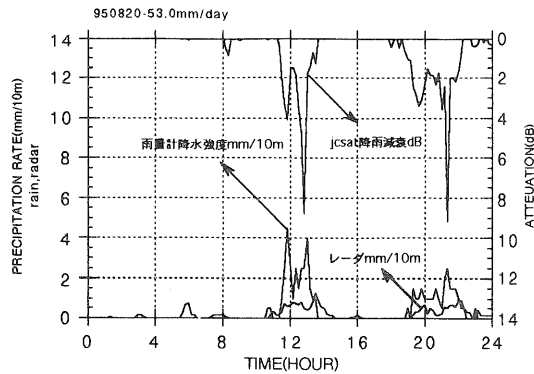


図 5 各降水強度と降雨減衰の時間変動特性 (1995年8月20日)

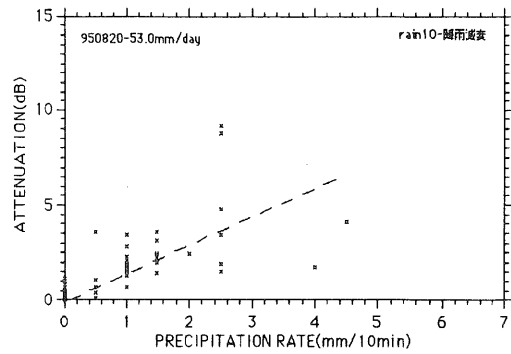


図 6 降水強度 (雨量計) と降雨減衰との相関 (1995年8月20日)

4 実験結果および考察

降雨と降雨減衰の基礎的な関係を調べるにあたり、1995年5月2日～8月24日までの期間に雨量計で1mm/10min以上の平均降水強度が観測された各降雨 (9種) について、雨量計およびレーダ雨雪量計の10分毎の降水強度と10分毎に平均処理した降雨減衰量の観測値との相関を求めた。その結果を図7および図8に示す。この期間での雨量計の最高平均降水強度は、約8mm/10minに対して約11dBの降雨減衰量が観測されている。降雨減衰と雨量計の相関は、相関係数0.68、傾き1.16の値であり、レーダ雨雪量計では相関係数0.32、傾き1.59と雨量計に比べ弱い相関の結果を示している。

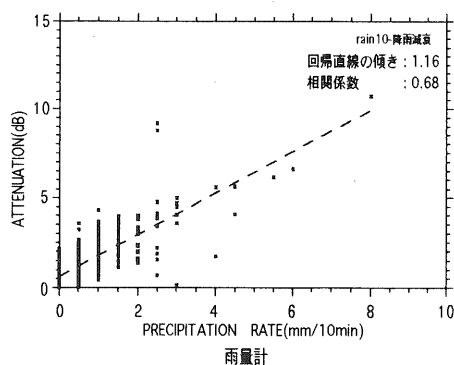


図 7 降水強度と降雨減衰との相関 (1995年5月2日～8月20日)

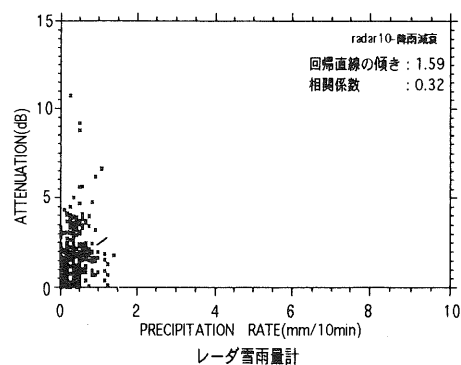


図 8 降水強度と降雨減衰との相関 (1995年5月2日～8月20日)

雨量計とレーダ雨雪量計の相関を求めた結果は、相関係数0.47、回帰直線の傾き0.16の結果を得た。地上の単地点降水強度の値と広域な上空の値に強い相関は認められないが、図1および図2の例で示されるように降水強度の変化には類似性があり、レーダ雨雪量計のデータが上空の観測位置 (極座標メッシュ位置) として妥当

であると判断できる。また、降雨減衰と各降水強度には類似している傾向がみられるが、異なる部分も観測されている。各降雨毎の相関値には違いがあり、風向きなど空間分布の違いや時間的要因による粒形分布、速度、雨滴性状の差異などに依存するものと考えられる。

5 まとめ

平均降水強度が8mm/10min までの値についての観測データの一例を報告した。レーダ雨雪量計と降雨減衰の間の比較では強い相関は得られなかったが、衛星回線上の降雨減衰解析には、地上の降雨のみならず上空の降水に関する情報も有用と思われる。また、これまでに得られた観測データから受信信号レベルの降雨減衰と雨量計の平均降水強度には比較的良い一致を示したが、レーダ雨雪量計のデータとの比較では類似性が確認されただけである。今後は、CCIRの降雨減衰推定法など年間累積降雨減衰分布特性との比較やレーダ雨雪量計データを基にレーダ反射因子（Z因子）に関する比較を行なう予定である。

謝 辞

本実験で利用している衛星回線について御協力を頂いている「デジタル衛星通信の大学間高度共同利用研究協議会（UnSAT）」並びに（株）日本サテライトシステムズに深謝する。また、レーダ雨雪量計のデータを提供して頂いた北海道開発局河川課の各位に深く感謝する。

実験に際し有益な御助言、御指導を頂いた畑中 雅彦 助教授、黒島 利一 技官、並びに雨量計データを提供して頂いた応用化学科の吉田 豊 助教授、門脇 良一 技官に感謝する。また、MTの読み取り変換操作の際に有益な情報を提供して頂いた情報処理教育センターの方々に謝意を表する。

参考文献

- 1) 寺崎、秋元、他：“通信衛星用超小型地球局を用いた降雨減衰自動測定系の構築”、信学技報 CS95-56&OC95-22 (1995-06)
- 2) 岡、畑中、他：平成7年度電気関係学会北海道支部連合大会、No. 235、p256