

CDAS-MSC 間 PCM マイクロ回線とフェージング現象

Rapid Fading of the Signal Level on 2 GHz Microwave Communication Link between CDAS and MSC

太田 弘明*

Hiroaki Ohta*

Abstract

Rapid fading of the received signal level have occurred occasionally on 2 GHz microwave communication link between the Command and Data Acquisition Station (CDAS) and Meteorological Satellite Center (MSC) of the GMS system. This microwave link is used to make communications with the spacecraft and carries important signals, such as VISSR signal, command and telemetry signals, etc., from and to the satellite.

When a fading phenomenon occurs, received signal fluctuates irregularly, there are some cases that its level goes down instantaneously by 20 to 30 dB at the maximum and the communication would be interrupted to some extent. A fading regime continues for a few to several hours. Fading amplitude at the CDAS receiver in general smaller than that at the MSC receiver. Autographic records of rapidly fluctuating signal level are shown for a few outstanding fading regimes. Some statistics of the fading occurrence are shown for 4 years, 1979-1983. Rapid fading occurred mostly during April to July (Spring to early Summer) and from midnight to early morning.

1. はしがき

CDAS (気象衛星通信所; 埼玉県鳩山町)-MSC (気象衛星センター; 東京都清瀬市) 間の PCM マイクロ回線は、CDAS 伝送システムと MSC 計算機システムとの間で各種データの伝送を行なうためのもので、GMS システムの構成上、重要な役割を果している。そのため、CDAS-MSC 間は重要伝搬路に指定され、直線上 29.4 km のスパン上には本回線に影響を及ぼすような建築物等の設置について、高度制限の配慮がなされている。しかし、この PCM マイクロ回線は、運用開始以来時々フェージング現象が原因と思われる回線瞬断のため、VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer: 可視赤外走査放射計), TLM (Telemetry: テレメトリ), CMD (Command: コマンド), TRRR (Trilateration Range & Rang Rate: 三点測距), DCP (Data Collection Platform: 通報局) 等のデータ伝送に影響を与えてい

る。

本回線では設置以来、CDAS・MSC 両局で受信レベル (AGC レベル) を連続的に記録し、回線品質の監視を行なっている。

フェージング現象による本回線への影響を無くすることは困難なことであるが、その影響を軽減する方策を見出すために、その第一段階としてこれまでに取得された、フェージング現象によって起きた受信レベル変動等のデータから、その発生時期、発生時間および受信レベル変動量と回線への影響についての調査と、本回線システムの概要について報告する。

2. CDAS-MSC 間 PCM マイクロ回線の概要

2-1. 通信方式

本回線の電氣的性能を Table 1 に示す。本回線は本誌特別号 I-2 (1980. 3, 成井, 伊藤, 福井および和久田) で述べているように PCM (Pulse Code Modulation) 方式を採用している。この方式は、FDM (Frequency

* 気象衛星センター気象衛星通信所, Meteorological Satellite Center

Table 1 CDAS-MSC PCM マイクロ回線の方式および電気的性能

1 方式概要	
a. 変調方式	4 相位相変調方式
b. 無線周波数帯域	1971/2101 MHz
c. 復調方式	逆変調形同期検波，積分検出方式
2 性能	
a. 入力 PCM 信号レベル	1.8 V _{0-p} ~ 3.4 V _{0-p}
b. 出力 PCM 信号レベル	3 V _{0-p} $\begin{matrix} -10\% \\ +12\% \end{matrix}$ 以内
c. 送信出力	+17 dBm 標準
d. 雑音指数	10 dB 以下
e. 中間周波数	70 MHz
f. スレッショルドレベル	BER 10 ⁻⁶ に相当する受信入力電界 -75 dBm 以下
g. SQ 動作レベル	受信入力電界 +2.5 dB 以内

Division Multiplex) 方式に比べて回線品質，信頼度，構成の面で優れている。

次に PCM 回線の特長を述べる。

- (1) 高品質の伝送
- (2) 耐干渉特性
- (3) 送信電力の低減
- (4) 消費電力の低減

(1)の高品質の伝送という点については，回線の C/N が規格以下にならない限り，ほぼ完全に信号の再生が可能である。

2-2. 回線の種類

CDAS および MSC に入出力する信号の種類と回線構成を Fig. 1 に，CDAS および MSC の搬送端局装置の構成を Fig. 2, Fig. 3 にそれぞれ示す。

回線の種類は，Fig. 1~3 のように低速回線(100BPS:

DCP 回線)，中速回線 (1200BPS: TLM, CMD, TRRR 等のデータ) および高速回線 (VISSR データ <7.8MBPS>, HR-FAX 信号 <726KBPS>, LR-FAX 信号 <64KBPS>) からなる。

2-3. 空中線

本回線に使用している空中線は，2 GHz 垂直・水平偏波共用パラボラアンテナで，公称開口径は 3.3mφ である。本回線では CDAS および MSC 共にこのアンテナを 50 m 鉄塔の最上部に設置し，送受信を行なっている。

CDAS-MSC 間の見通図を Fig. 4 に示す。中央の曲線は，第 1 フレネルゾーンを示す (電波伝搬において，だいたい第 1 フレネルゾーンの空間領域が確保されれば受信点には自由空間伝搬とほぼ同等のエネルギーがもたらされる)。次にこのアンテナの特徴を述べる。

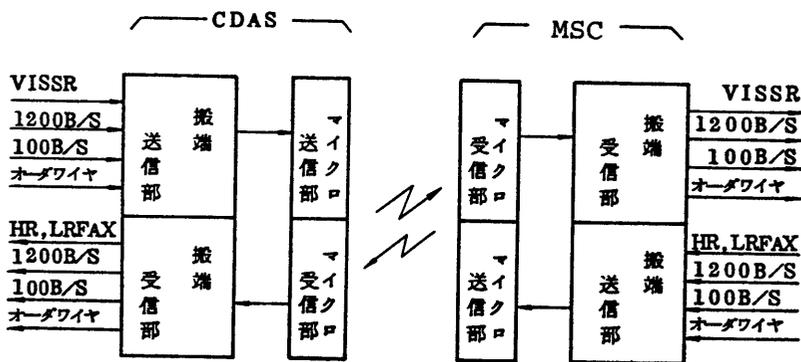


Fig. 1 搬送端局装置回線構成図

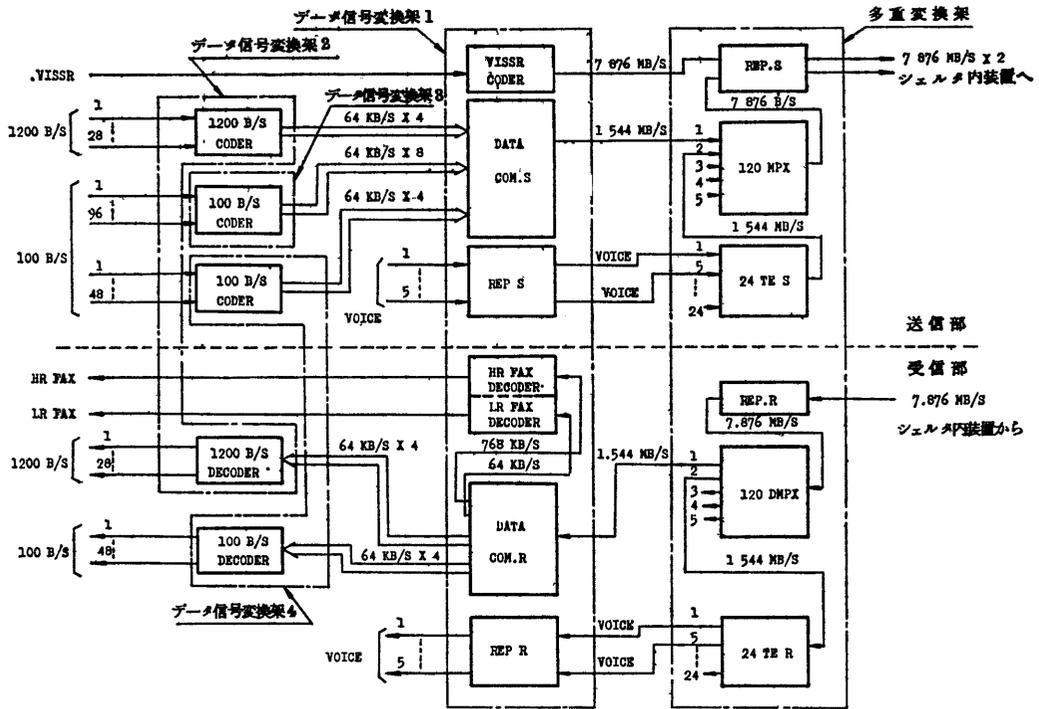


Fig. 2 MSC局搬送端末局装置構成図

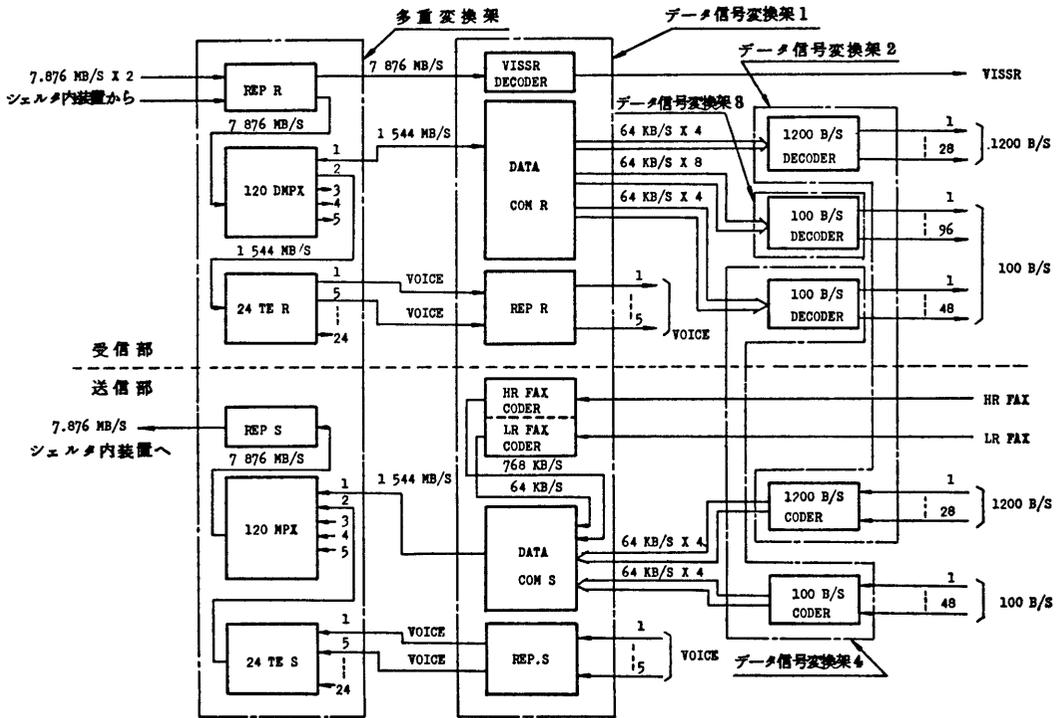
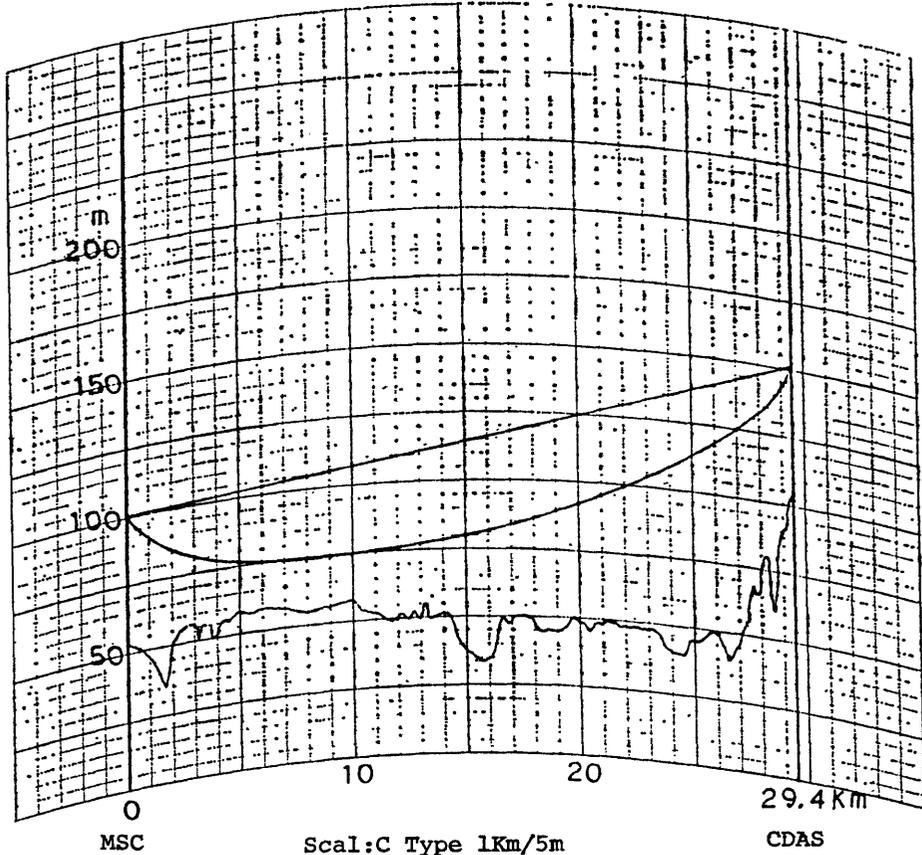


Fig. 3 CDA S局搬送端末局装置構成図



局名	M S C	CDAS
位置	N 34° 46' 26.76"	N 34° 48' 22.824"
	E 139° 32' 09.248"	E 139° 31' 16.224"
標高	52.7 米	103.4 米
距離		29.4 杆

1:25000

Fig. 4 PROFILE MAP

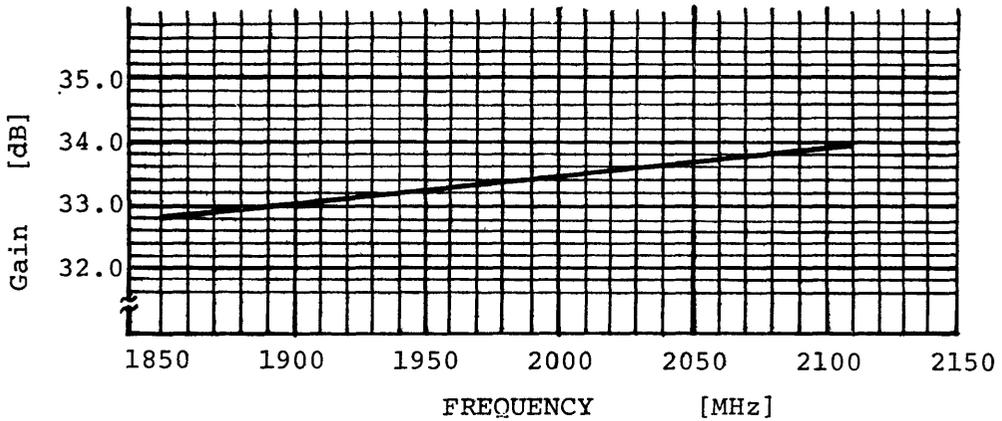


Fig. 5 2GHz Parabolic Antenna Gain

Table 2 2 GHz パラボラアンテナの電氣的性能

1 使用周波数帯	1850~2110 MHz
2 入力インピーダンス	V. S. W. R 1.2以下 (給電出力端 50オーム)
3 偏波間結合減衰量	35 dB 以上
4 利得 (2000 MHz にて) (1850~2110 MHz については Fig. 5 参照)	33.5 dB 以上
5 電力半値幅	約 3.4°

(1) 一基のアンテナで垂直・水平の両偏波を同時に使用できる。従って、両偏波を同時に送受信することによりフェージングに有効な偏波ダイバーシティ方式の回線構造が可能である。

現在は一方を現用 (オンライン)、他方を予備に使用する偏波予備方式を採用している。

(2) 見通し内マイクロ回線用として特に設計されたもので、反射鏡の開口角90度で良好な指向特性が得られるように考慮されている。

(3) 遮蔽板付アンテナを使用し、指向特性を改善している。

このアンテナの電氣的性能を Table 2 および Fig. 5 に示す。

3. フェージングの一般的特性

3-1. フェージングとは

フェージングとは、電離圏や対流圏等の伝搬媒質の変動に起因し、伝搬モード、電波通路の変化を介して受信強度が時間とともに変動する現象をいう (1976, 電子通信学会)。本回線のように対流圏を伝搬するものについてさらに説明を加えると、対流圏を通過する電波が、気象や地表の変化の影響を受けて変動する『電波強度の時間的変動』のことをいう。

3-2. フェージングの種類

対流圏の見通し伝搬路で発生するフェージングは、次の三種に大別できる。

- (1) ダクト形フェージング
- (2) k形フェージング
- (3) シンチレーション

この中でシンチレーションは、先に本誌で述べている電離層シンチレーションとは別のもので、大気の屈折率の不規則な変化によるレンズ作用によるものである。このシンチレーションは、数 10 km 程度以下の伝搬距離では変動幅が他のフェージングと比較して小さいため、

地上通信では大きな問題とはならない。これに対して、ダクト形およびk形フェージングは、ときとして平均レベルから数 10dB にも及ぶ深い信号の変動によって通信の瞬断や雑音の増加を生じ、また遅延した多重波があるときはFMひずみや波形ひずみなどにより通信の質を劣化させる。

(1) ダクト形フェージング

このフェージングは、大気中に発生する屈折率の異常な分布によるもので、その代表的な構造はラジオダクト、すなわちM曲線 (修正屈折率Mの鉛直分布) が負の傾斜をもつ層である。このダクト中を伝搬する電波は、Fig. 6 のようにダクトの中、あるいはその近くに二つ以上の電波が到来して干渉する干渉領域を生ずる。受信点が減衰領域内にあるときは減衰フェージングを、干渉領域内にあるときは多重波の通路長の変化に伴って干渉フェージングを生ずる。

このフェージングは、距離および周波数と共に増加し、ダクトが発生しやすい夏季に多い。ダクトの発生原因は、大地の夜間冷却、高気圧内の大気の沈降、海陸風などの気象現象に伴って水蒸気圧の急激な変化層が生ずるもので、晴天で強風時などはこの成層状態が乱されて標準大気に近いためダクトは発生しにくい。

(2) k形フェージング

k形フェージングは、大気の屈折の度合、すなわち等価地球半径係数kが時間的に変化し、電波伝搬が大地の影響によって変化するために発生する。また、このフェージングは、回折フェージングと干渉フェージングとに大別される。

回折フェージングは、kの値が小さくなったときなど、たとえば地表付近に霧が発生した時に多く起こり、数十分程度の長時間に渡って継続することがある。

干渉フェージングは、直接波と大地反射波の干渉がkの変化により変動するために生ずる。この種のフェージングはほとんど常時発生するので、通信への影響が著し

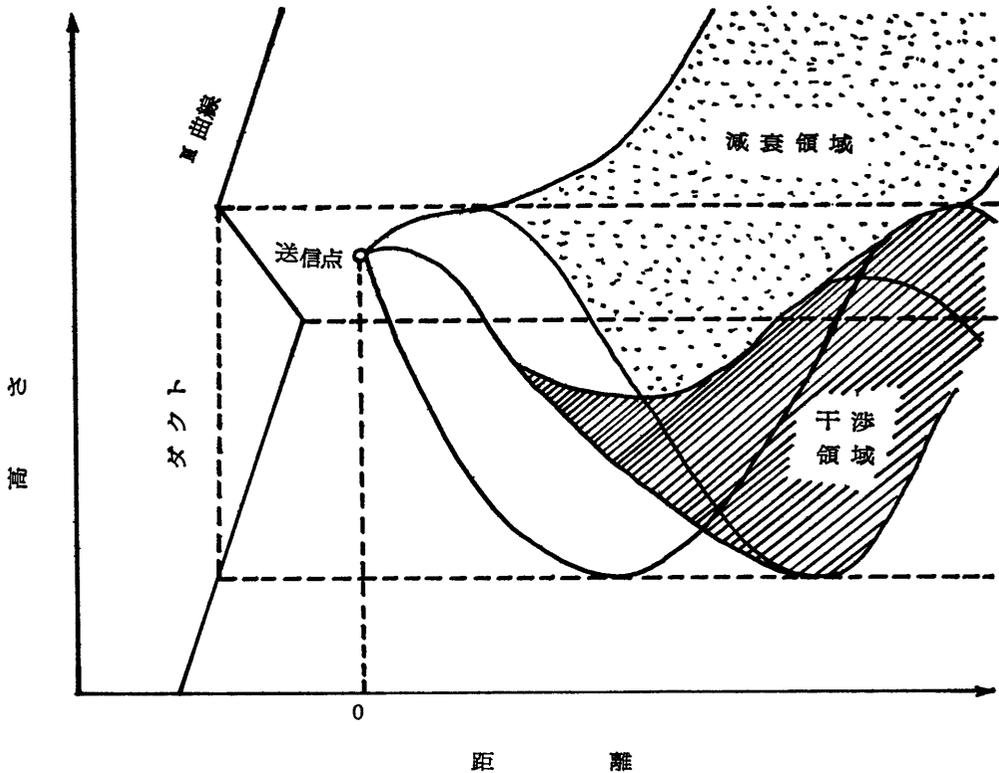


Fig. 6 ラジオダクトによる減衰・干渉領域

い。

3-3. フェージングによる受信入力レベルの変動

(1) 受信入力レベルの低下

フェージングによる受信入力レベルの低下は、受信系内部雑音を相対的に上昇させるため通信の質は劣化し、その程度が限界入力（スレッシュホールド、スケルチなどに対する）を下回れば、通信の伝送機能は失われる。

(2) 受信入力レベルの上昇

この場合は、内部雑音を引き下げ S/N をその分だけ向上させて回線の維持力を高めるが他方、不必要に強い電波が目的外の遠隔地まで影響を及ぼし、同一無線チャンネルを使用する同系列の他の中継区間や他系列のシステムに有害な干渉を与える場合がある。

4. 本回線に現われたフェージング現象の特徴

4-1. レベル変動

Fig. 7, Fig. 8 は1982年6月7日に、また Fig. 9,

Fig. 10 は1983年1月29日に本回線が中断したときの AGC レベルの変動の様子を、CDAS および MSC 両局で記録したものである。本回線では、このような中断が運用開始以来、過去6年間に約20回ほど記録されている。

Fig. 7~10 はフェージング現象によるレベルダウンの顕著な例であるが、この他にも1982年5月7日に起こった回線中断では、1時間ほどのあいだに数回にわたって回線が瞬断している。しかもこの時の AGC レベルのほとんどが、測定器（ペンレコーダ）の測定範囲を逸脱している。

この時の両局での記録を Fig. 11, Fig. 12 にそれぞれ示す。

4-2. 統計的にみた本回線中断の傾向

Fig. 13 は、本回線の中断回線を月（季節）別にみたものであり、Fig. 14 は同じく中断回数を時間帯別に表わしたものである。これらは、1979年5月から1983年1月の間の4年間のデータを集計したものである。

2つのグラフから、本回線では、4月から7月（春か

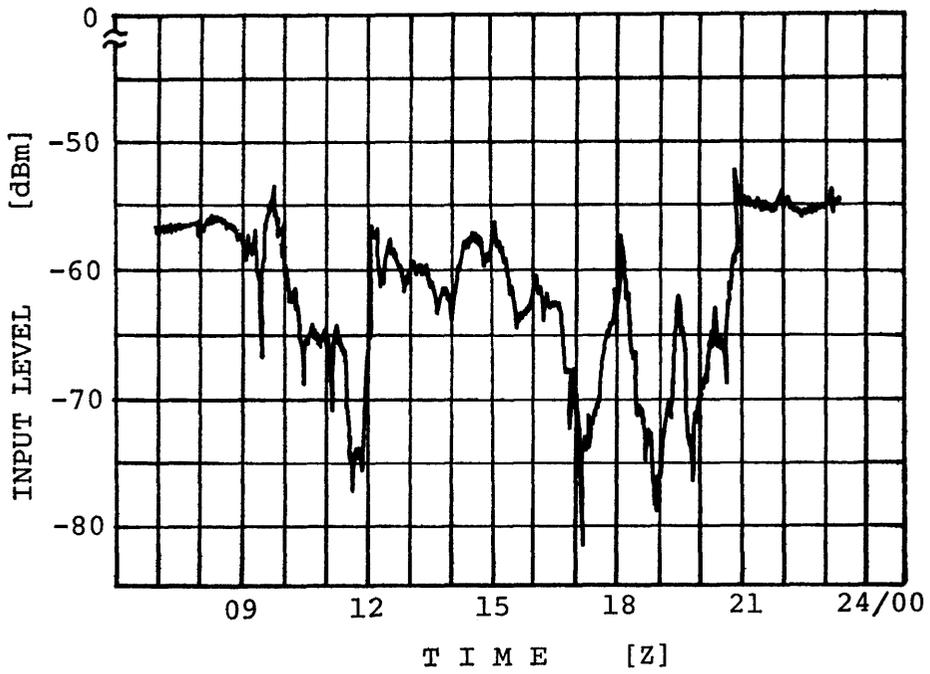


Fig. 7 Input Level; CDAS, 1982, 6, 7

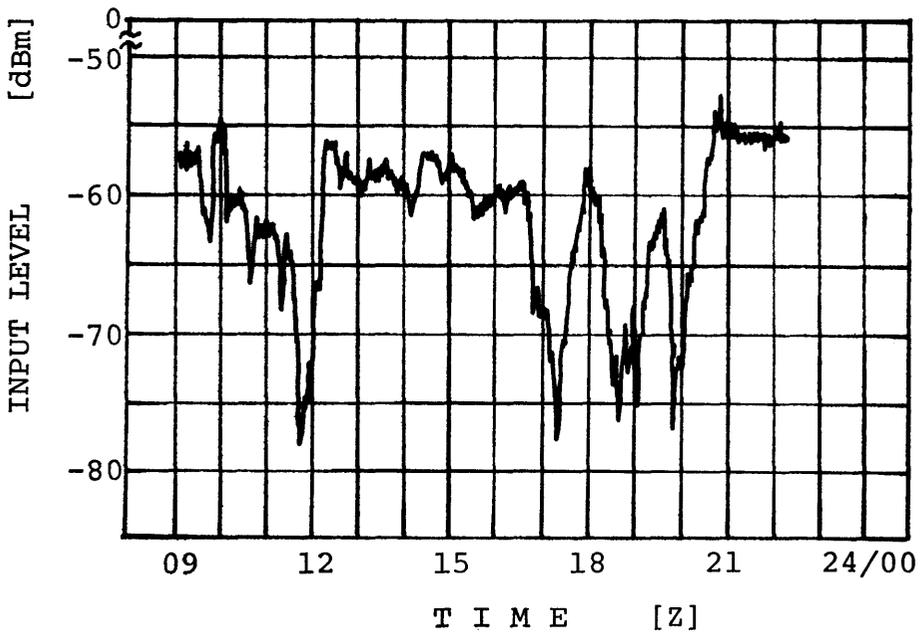


Fig. 8 Input Level; at MSC, 1982, 6, 7

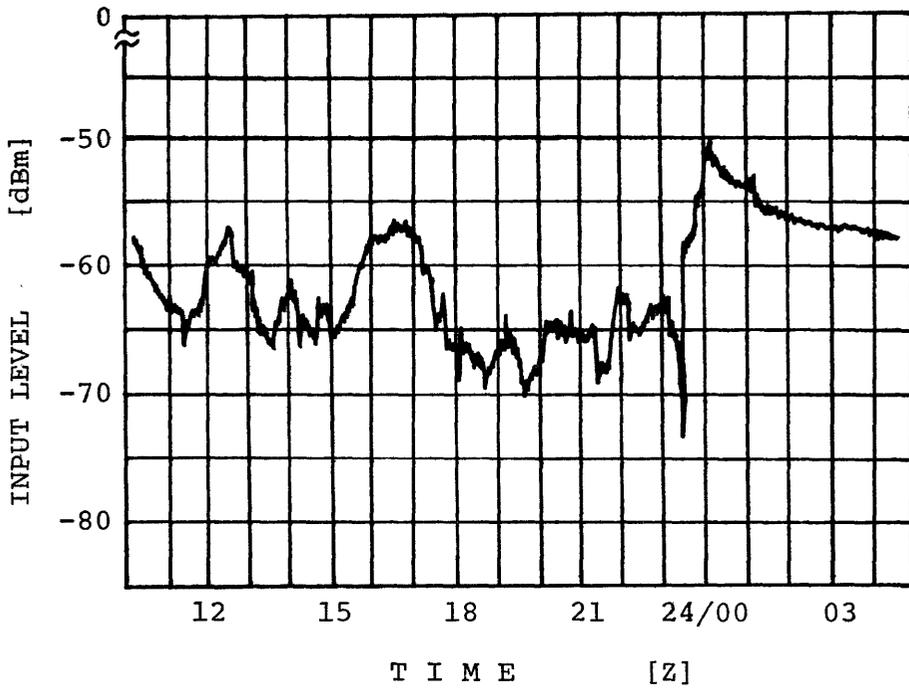


Fig. 9 Input Level; at MSC, 1983, 1, 29

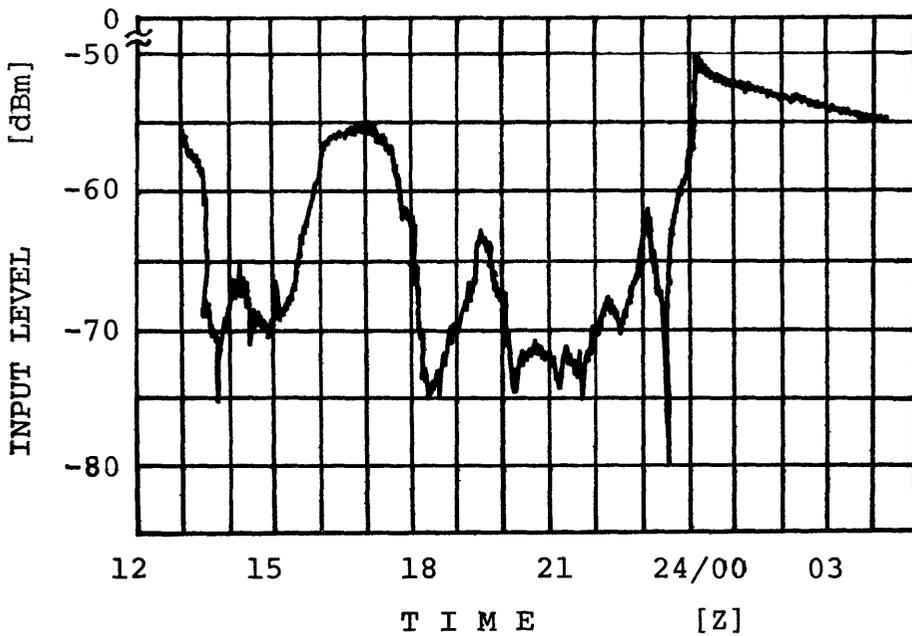


Fig. 10 Input Level; at MSC, 1983, 1, 29

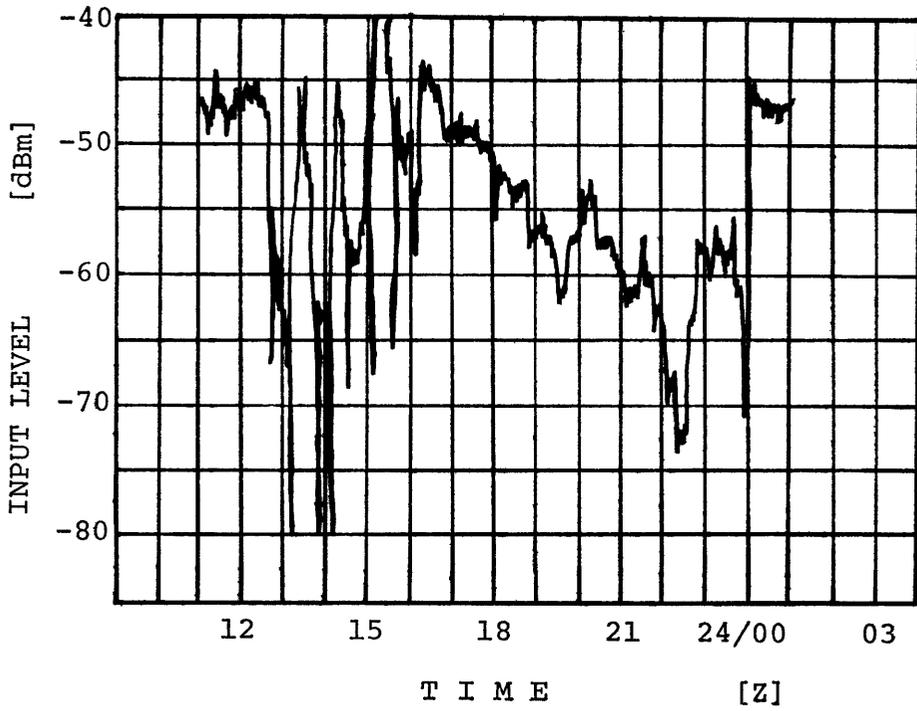


Fig. 11 Input Level; at CDAS, 1982, 5, 7

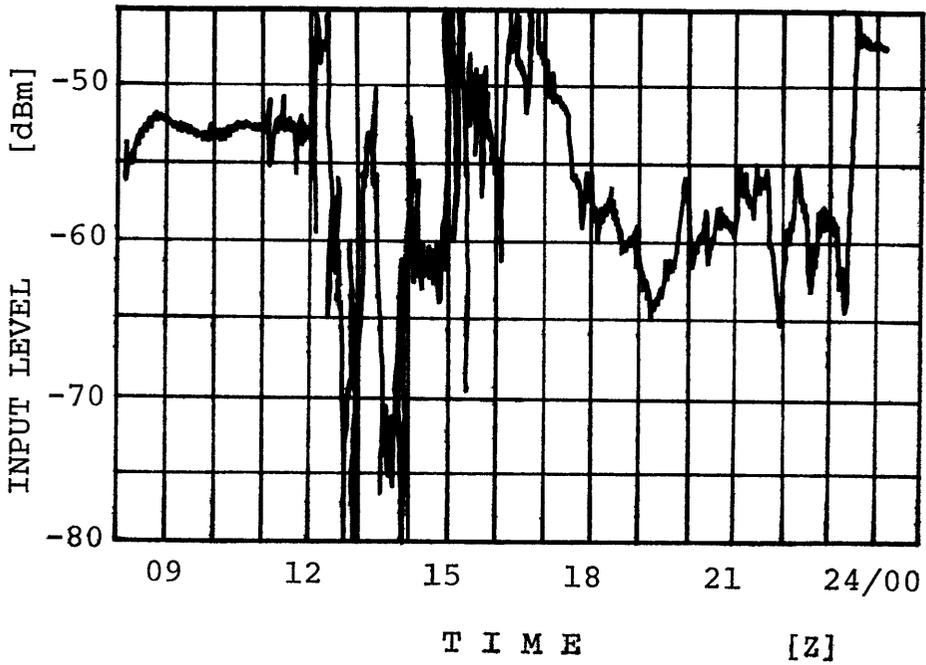


Fig. 12 Input Level; at MSC, 1982, 5, 7

(1979 .5 ~ 1983 . 1)

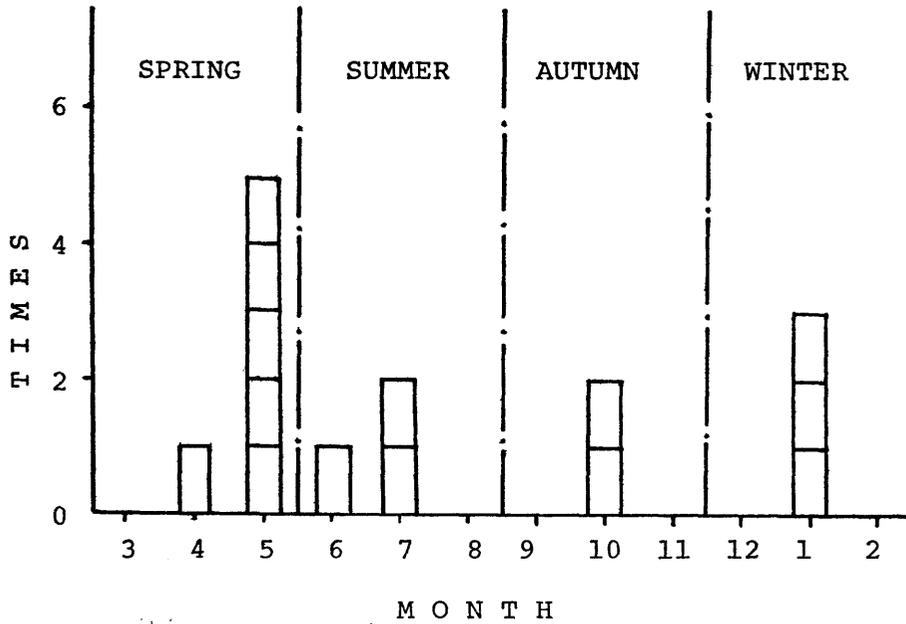


Fig. 13 月(季節)別マイクロ回線中断回数(1日に2回以上中断したのものについては、中断回数1回とした)

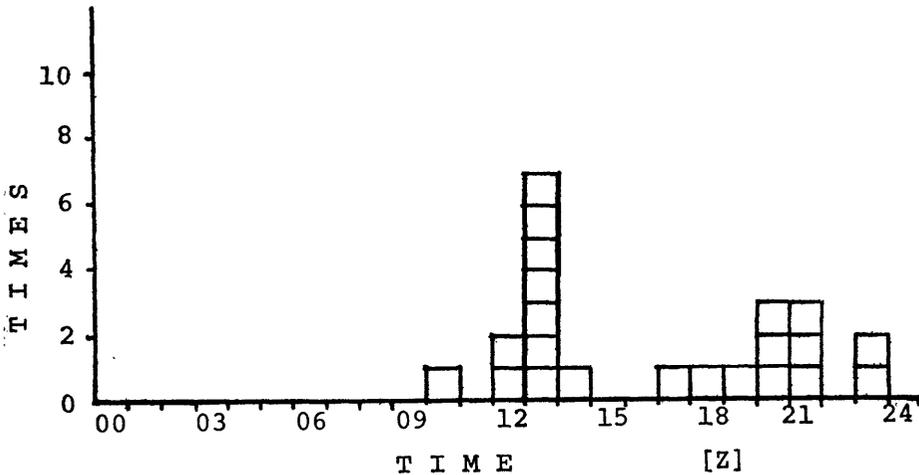


Fig. 14 時間帯別マイクロ回線中断回数

ら夏にかけて)の間の、夜から明け方にかけて、比較的多く中断していることが分かる。

4-3. 回線中断時に生じるレベル変動の特徴

回線中断時に、CDAS・MSC 両局で測定された受信レベルを Fig. 15 に示す。CDAS と MSC のレベルを

結ぶ直線は、回線中断時の 両局の レベルの 差を 表わす (この直線が長いほど 両局のレベルの差が大きいことを示す)。

このグラフから本回線とフェージング現象の関係を解析する上で、次のような興味あるデータを得ることができた。

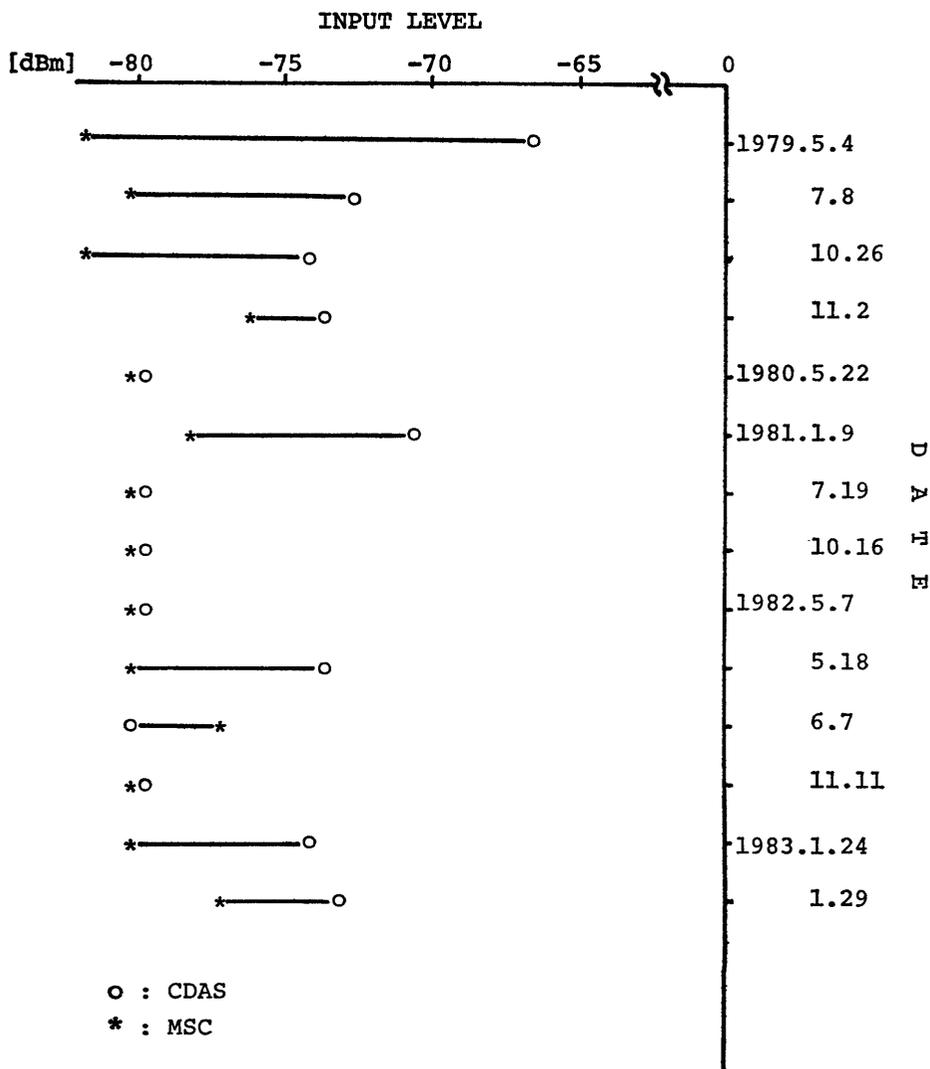


Fig. 15 回線中断時の CDAS・MSC 受信レベル比較 (-80 dBm 以下のものは、測定器の測定範囲を逸脱したレベルである)

- (ア) 回線が中断するほどのレベルダウンが起こる前後で、ほとんどの場合入力レベルが上昇する現象がみられる (通常レベルは -56~-58 dBm, Fig. 7~12 参照)。
- (イ) 回線中断時の CDAS・MSC 両局での入力レベルを比較すると、そのレベルに大きな差がある。MSC 側ではほとんどの場合、測定器の測定範囲を逸脱するほどの変動がみられるが、CDAS 側ではその時の入力レベルはまちまちである。
- (ウ) CDAS 側では、スレッシュホールドレベルに達する

前に回線が中断する場合が多い。

4-4. スレッシュホールドレベルの改善とフェージング

1979年3月、LNA (Low Noise Amplifier; 低雑音増幅器) を取り付けてスレッシュホールドレベル (受信感度限界入力レベル) を -75 dBm から約 -82 dBm 以下と約 7 dB の改善を行ない中断回数の減少を図った。しかし、回線設計上の制約、電波法で定められた送信電力の制限等により改善方法に限度があるため、Fig. 7~Fig. 12 のようなフェージング等の影響を時々受けている。

5. むすび

本稿では、フェージング現象により本回線が中断した時のデータとフェージングの一般的特性等の紹介に終始してしまい、回線中断軽減方法の検討までには至らなかった。

回線中断の完全な防止は、非常に難しい問題であるが、これの軽減を行なうためには今後、次のような調査を行ない、まずは本回線に影響を及ぼしているフェージングの種類とその発生原因を明確にする必要がある。

- (1) 天気図等による伝搬路上の電波気象に関する調査。
- (2) AGC レベルデータの長期的な解析。
- (3) 本回線のシステム総合調査。

今回の調査では、CDAS と MSC での入力レベルの変動の違い、および時間的なずれがあったため、正常運

用時のレベルを含めた詳細なデータ解析を行ない、フェージングの予測の可能性についても検討する必要がある。この場合、レベルダウンの前触れでレベルが上昇する現象は、一つの手がかりになるのではないかと考える。

当面は今回まとめたデータをもとに、さらに詳しい調査を進めて回線中断防止のための糸口としたい。

参考文献

- (1) 成井満男, 伊藤 衛, 福井徹郎: “GMS 通信システム概要” 気象衛星センター技術報告 (特別号 I-2), p. 14, 1980.
- (2) 和久田晴己: “PCM マイクロ通信系装置” 気象衛星センター技術報告 (特別号 I-2), p. 95-99, 1980.
- (3) 電子通信学会編: “対流圏伝搬” アンテナ工学ハンドブック, p. 590-592, 1976.
- (4) 渋谷茂一: “フェージングの予測とシステム評価” 電波伝搬基礎図表, p. 571-572, 1976,