

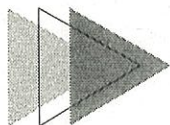
ARIB 機関誌

ARIB BULLETIN No. 9 1998

郵政大臣指定 電波有効利用促進センター

社団法人 電波産業会

Association of Radio Industries and Businesses



陸上移動体衛星通信における 電波伝搬モデル等の研究開発

唐 沢 好 男

(国際電信電話株式会社 研究所 主幹研究員)

1. はじめに

標記テーマにより、この度、「電波功績賞」をいただきました。電波伝搬の研究はシステム構築という観点からは、その表舞台を支える縁の下の力持ち的な役割を担うことが多いため、システムの実用化を対象として与えられる本賞をいただいたことは、電波伝搬研究者として非常に大きな喜びを感じております。対象となったテーマはタイトルの通りですが、「・・・伝搬モデル等の・・・」の「等」が意味を持ち、これまで私達が行ってきた様々な伝搬モデルの研究に対する総合的な貢献、すなわち「併せ技一本」での受賞と理解しています。

本稿では、私が主に取り組んできた衛星通信の電波伝搬の研究のうち、システムの実用化やITU-R（無線通信の国際標準化機関）の勧告化に比較的大きな貢献をすることができた海事衛星通信の海面反射フェージング、対流圏のシンチレーション、陸上移動体衛星通信伝搬の研究をエピソードを交えて紹介します。

2. 海事衛星通信の海面反射フェージング⁽¹⁾

海事衛星通信としてスタートした米国のマリサットシステムが国際機関であるインマルサットに引き継がれ、デジタル化や船舶局システムの小型化に向けての研究開発が盛んになった1980年代の初め、伝搬劣化の主要因である海面反射フェージングの研究に取り組みました。回線設計に役立つ信頼性の高い伝搬モデルをつくることが目標でした。

まず、海面散乱の様子を感覚的につかみたいと

思い、海岸へ出かけて夕日の写真をたくさん撮りました。図1はその一つです。この種の散乱はあまり横方向には広がらず、太陽と自分を結ぶ線上に長く尾を引く様子が実感できました。そういえば夜の池に映る街灯の明かりも同じようですね。

実測が大事ということで、東海大学所有の「東海大学丸Ⅱ世」号を用船して、インマルサットのインド洋衛星を利用した伝搬実験や通信実験を数回行いました。一回の航海が2週間に及ぶハードなものでしたが、海と空というスケールの大きな自然に触れる体験は、忘れ難い思い出として深層に刻まれ、今でも時々その夢を見ます。

このような実験や理論的な研究から「海面反射波の平均電力が海面状態によってあまり変化しない性質（＝海が穏やかなときには鏡面反射成分（コヒーレント成分）が卓越し、荒れてくると不規則成分（インコヒーレント成分）が主体となるが、その平均電力の和は海面状態に依存せずいつもほぼ一定である性質）」を見出し、これをベースとしたモデル（伝搬推定法）を作りました。このモデルは1986年にCCIR（現在のITU-Rの前身）の勧告手法として採用され、その後の回線設計に役立っています。

3. 対流圏シンチレーション⁽²⁾

上記とほぼ同じころ、インテルサットの衛星通信においては、従来のCバンド周波数では需要がまかないきれなくなり、Kuバンドの導入が検討されていました。KDDの山口衛星通信地球局からインド洋衛星にアクセスするには仰角が10°以

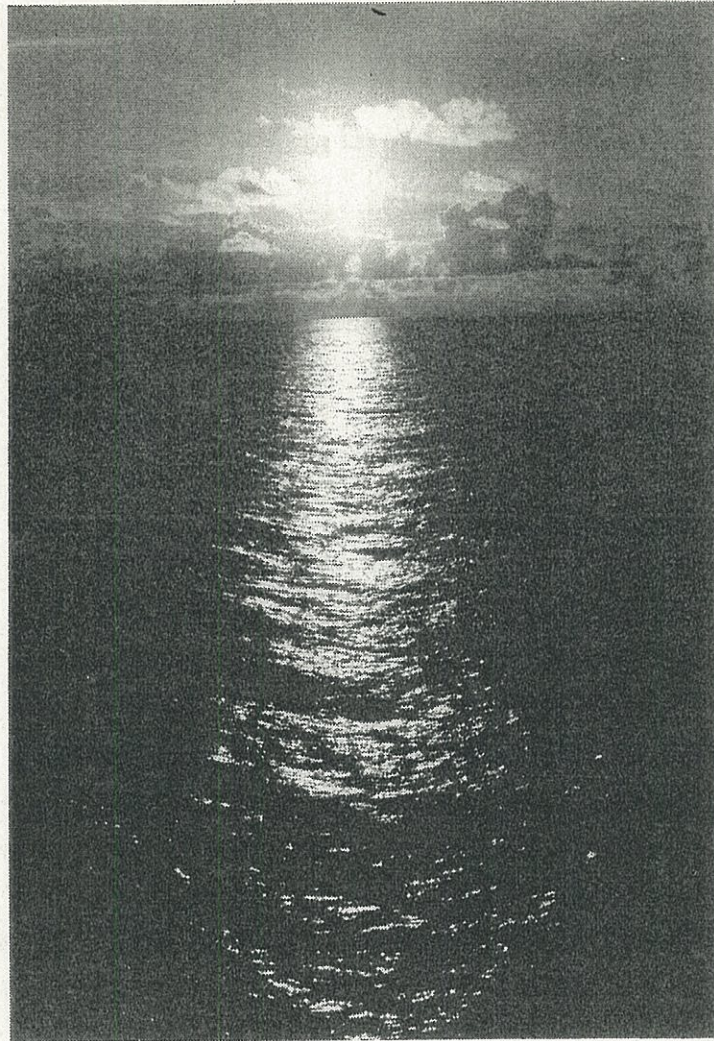


図1 太陽光の海面散乱の様子 [電波の散乱の様子を目で直接見ることはできないが、これはそのおよそのイメージを与えている]

下になるので、降雨による減衰が問題になります。そこで、降雨減衰の把握とサイトダイバーシティによる降雨減衰対策に関する大規模な衛星実験が行われました。実験局ができ上がり、天気の良い日に衛星電波を受信してみると、予想以上にレベル変動が大きいことがわかりました。ビーコン波の受信レベルが $10\text{dB}_{\text{p-p}}$ も変動することがありました。これでは、アンテナのポインティングも大変ということで、この現象をよく調べるようになりました。これが私のテーマになりました。現象は、大気屈折率の揺らぎによって生じるシンチレーションで、電離圏で発生するシンチレーションと区別されて対流圏シンチレーションと呼ばれ

ているものです。当時既に対流圏シンチレーションの理論はあり、簡単なものながら推定法もありました。この推定法で予想したのが、前述の食い違いです。

一年間観測を続けてみると、その季節変化の大きいことがわかりました。従来の計算法には気象パラメータが入っておらず、かつ、私達がデータ取得を開始したのが大きなシンチレーションが発生する夏（7月）だったことが予想を越えた原因でした。もし、この実験が冬や秋にスタートしていれば、従来手法で満足して、問題点に気付くのがずっと遅れてしまったかもしれません。伝搬研究者は問題が発生すると喜んでしまうという悪癖

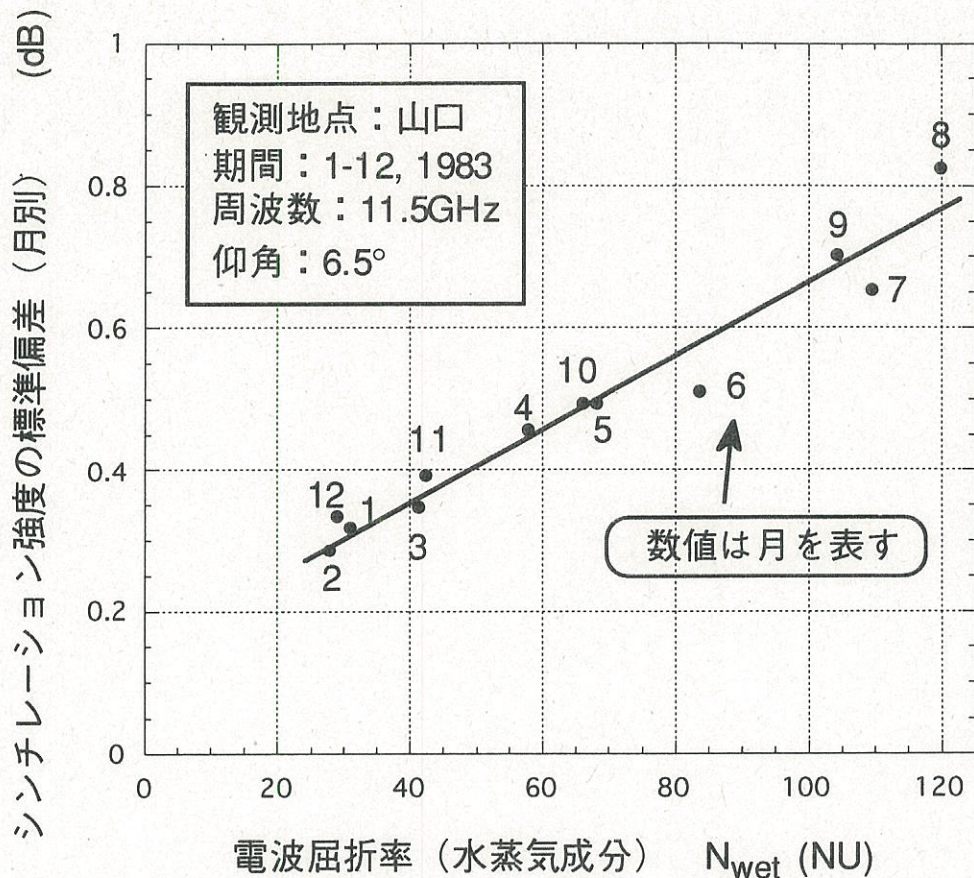


図2 シンチレーションの大きさと水蒸気成分による大気屈折率との関係 [横軸単位のNU (Nユニット) は (屈折率-1) $\times 10^6$ 、月平均の標準偏差値は8月でも1 dB 以下であるが、peak-to-peak で10 dB を越える変動が頻繁に発生した。]

がありますが、その意味で「運がよかった」といえそうです。

様々な気象パラメータと伝搬特性の関係を調べて行くうちに、大気屈折率の水蒸気成分 (N_{wet}) とシンチレーションの平均的大きさに非常に高い相関が有ることに気がしました。図2はシンチレーションと N_{wet} の関係を、一カ月単位で1年間分をまとめたものです。この関係と、理論が予測する周波数や仰角の依存性等を考慮して新しいモデルを作りました。それまでに報告されている世界各国のデータもこのモデルで非常にうまく説明できることがわかりました。このモデルは、1988年に CCIR の勧告手法に採用され、今日まで利用されています。

4. 陸上移動体衛星通信 (LMSS) の電波伝搬⁽³⁾

これは、本表彰のタイトルになっていますが、1990年代になって取り組んだ研究テーマです。LMSS 伝搬のテーマに関しては、日本では ETS-V 衛星を利用して CRL や NTT が、外国では米国・ヨーロッパ・オーストラリアなどで精力的な研究が行われ、伝搬データが蓄積されつつありました。しかし、伝搬構造が複雑なため、樹木がある道路上等限られた環境でのモデルなどにとどまり、LMSS 回線の設計に利用できる推定法がありませんでした。一方、低軌道周回衛星のシステム提案が盛んになって、伝搬モデルに対するニーズは日に日に高まっていました。

私達が研究を始めるきっかけは、インマルサットのパーソナル衛星通信計画 (当時プロジェクト

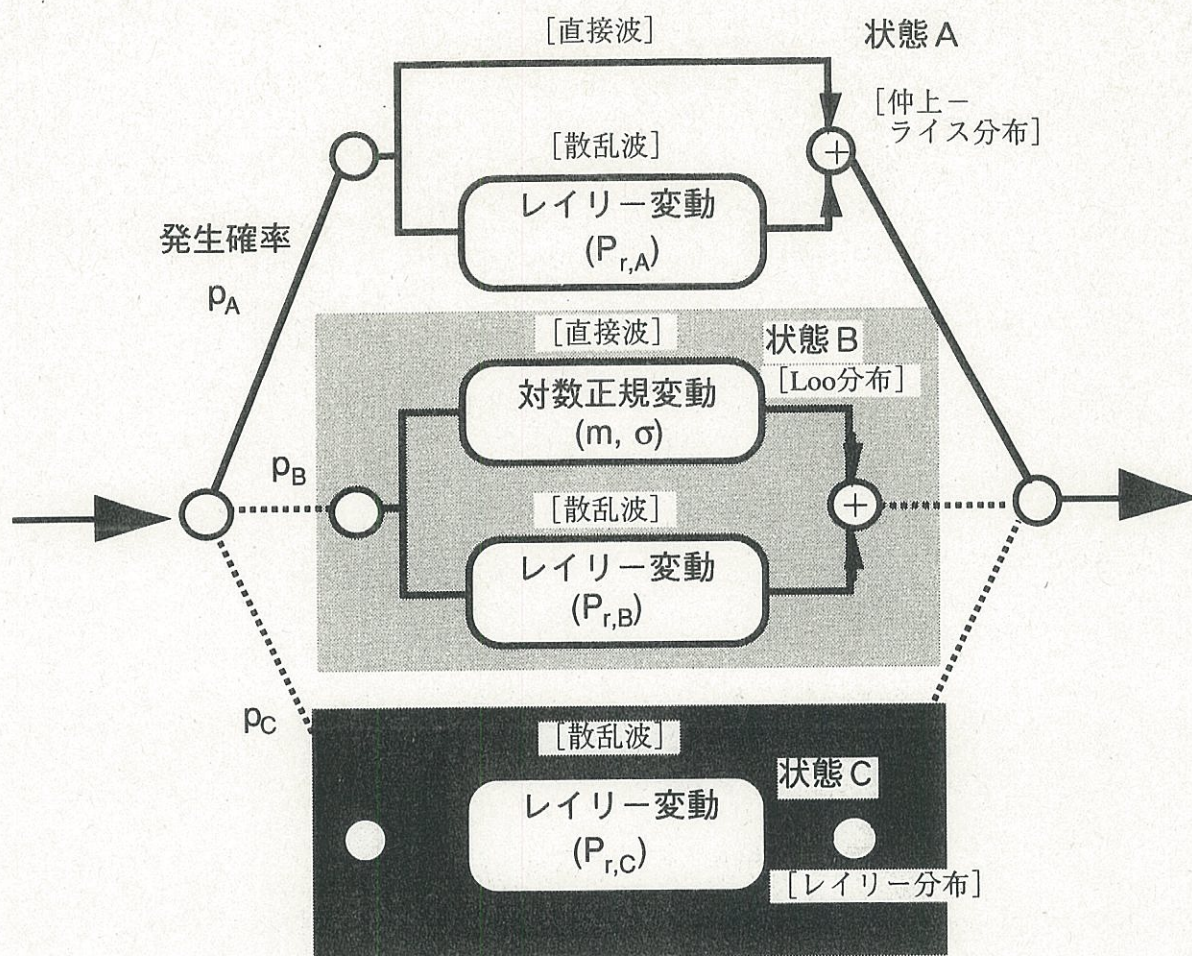


図3 LMSS 伝搬モデル (3 状態モデル) [状態 A : 衛星が見通し状態; 状態 B : 樹木等による軽いしゃへいを受ける状態、状態 C : ビル等によって直接波が完全にしゃへいされる状態]

21、現在の ICO システム) が具体化し、KDD もそれをサポートすることになったときです。インマルサットが関係機関に呼びかけて作った検討チーム (タイガーチーム) に参加し、伝搬モデルの構築に当たりました。インマルサット衛星を利用した伝搬実験を行い、このデータに基づく図3の LMSS 伝搬モデル (= 3 状態モデル) を提案しました。このモデルによって、これまでの多くのデータ (市街地や郊外地での受信強度分布) がうまく説明できることがわかりました。その後、私が関西学研都市にある ATR に出向になったのを機に、ATR で行われていた周回衛星軌道の研究と融合させ、衛星ダイバーシチの評価ができる汎用的なモデルに拡張しました。また、種々の

ケースでの衛星ダイバーシチの効果も明らかにしました。

本年 5 月、ITU-R の電波伝搬作業班会合がオタワで開かれ、そこに参加して本モデルが勧告手法となるよう提案を行いました。幸い、好意的に受け入れられ、具体的な勧告承認に向けての軌道に乗せることができました。このモデルもやがて、世界で使われるようになると期待しています。

5. むすび

電波伝搬の研究が実用に至る形としては、電波伝搬の成果をベースに新しい無線システムが構築される時であると言えましょう。もう一つ、電波伝搬の研究が、システム設計に資する伝搬モデル

(=伝搬推定法) として実を結び、それが世界中で利用されるようになること、具体的にはITU-Rの勧告手法として採用されることも一つの実用化の形と考えています。電波伝搬の研究は、それを実施した機関が成果(データや理論)を独り占めするよりも、学会等の場を通じて公開し、いろいろな観点から議論を深めることによって、真に役立つものができ上がって行くという信念を持っています。「独占は独善となり進歩がなく、資源の無駄遣い」というのが電波伝搬の研究です。その意味で、私自身は研究者として後者の形(ITU-Rへの貢献)での実用化に力を入れてきました。近年、通信業界も競争原理が支配し、「世のため人のため」といった研究者マインドも変わりつつあります。そのような時代にこそ、化石化されつつある筋論も、また必要なのではないのでしょうか?

本文中でも述べましたように、電波伝搬の研究は衛星通信のフィールド実験に代表されるように、多くの人達が力を合わせて初めて行えるもので、今回の受賞もそれ等の皆さんを代表していただい

たと理解しています。賞をいただいたことによって、迷いながら進めてきた私の研究の歩に、一つの自信を得ることもできました。ありがとうございました。

参考文献

- (1) Y. Karasawa and T. Shiokawa, "Characteristics of L-band multipath fading due to sea surface reflection," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-32, 6, pp. 618-623, 1984.
- (2) Y. Karasawa, M. Yamada and J.E. Allnutt, "A new prediction method for tropospheric scintillation on Earth-space paths," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 36, 11, pp. 1608-1614, 1988.
- (3) Y. Karasawa, K. Kimura and K. Minamiso, "Analysis on availability improvement in LMSS by means of satellite diversity based on a three-state propagation channel model," IEEE Trans. Vehicul. Tech., vol. 47, 4, pp. 1047-1056 1997.