

音声コーデック・ファクシミリ評価実験結果

川又 文男*¹ 門脇 直人*¹ 浜本 直和*² 若菜 弘充*¹

(平成元年11月20日受理)

AN EVALUATION OF VOICE CODECS AND FACSIMILES

By

Fumio KAWAMATA, Naoto KADOWAKI, Naokazu HAMAMOTO,
and Hiromitsu WAKANA

Telephone and facsimile are very useful communication methods when they are used at two fixed stations. However they can not be used for mobile communications without error, because of signal blockage and reflection caused by mobile environment. Modem, codec and protocol that are applicable for mobile communications are required. An evaluation of voice codecs and facsimiles was carried out by a MOS (Mean Opinion Score) method through baseband and mobile satellite communication links. Voice codecs of CADM, MPC and CVSD are evaluated and MPC is found to be the best among the three. Performance of facsimiles is also evaluated and it is found not to be useful in networks where burst error is dominant, because their protocol is specially designed for terrestrial telephone networks.

This paper describes the experimental results and discussions.

1. はじめに

電話・ファクシミリは情報伝達手段として広く一般に用いられており、地上の固定地点間では有線回線あるいは衛星回線を用いて世界中のどこでも安定して通信可能である。しかし、移動する船舶や航空機を対象とした場合には、構造物によるブロッキングや海面の反射によるフェージング等により常に安定した通信回線を確保する事は困難であり、通話品質や画質の劣化を引き起こしている。これら劣悪な状況下で安定して通信出来るような、変復調器(モデム)・音声符復号化器(音声コーデック)・通信プロトコルが強く望まれている。

筆者らは、このうち音声コーデックの符復号化方式及びファクシミリの通信プロトコルに着目し、ベースバンド回線及び技術試験衛星 V 型(ETS-V)を用いた衛星回線において回線品質に対する音声及びファクシミリ画質品質の主観評価(MOS; Mean Opinion Score)実験を行なった。

音声コーデックには複合デルタ変調(CADM; Com-

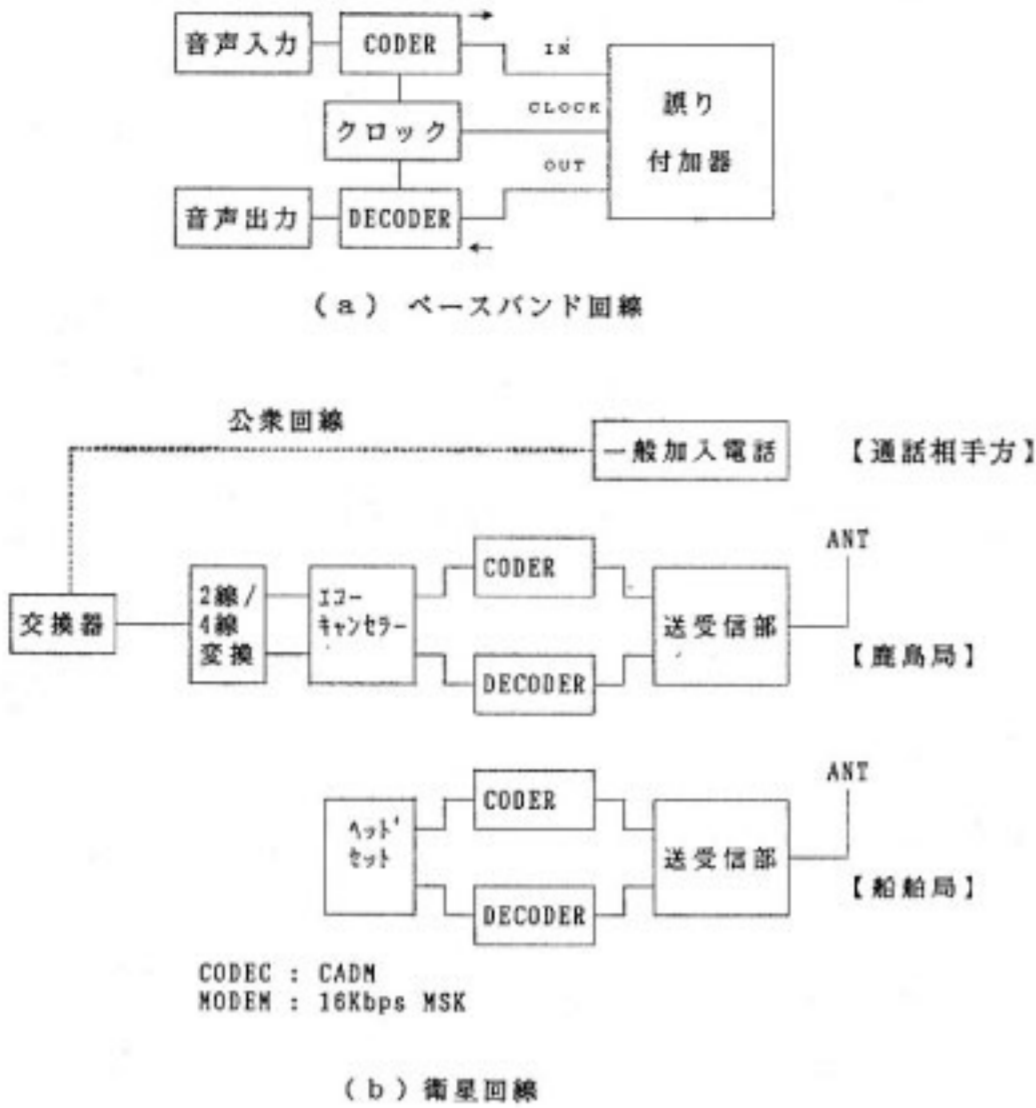
posite Adaptive Delta Modulation), マルチパルス符号化(MPC; Multi Pulse Coder)そして連続可変傾斜デルタ変調(CVSD; Continuously Variable Slope Delta modulation)⁽¹⁾の三種類を用い、MPCが最も優れているとの結果を得た。また、ファクシミリについては市販品の一部を改造して実験を行ない、ファクシミリのプロトコルは移動体衛星通信回線のようにバースト誤りが支配的な回線には適さないという結果を得た。本論文ではこれらの実験及び検討結果について述べる。

2. 音声コーデック評価実験方法及び結果

2.1 ベースバンド回線

音声コーデック単体の性能を得るためにベースバンド回線にて、回線のビット誤り率(BER; Bit Error Rate)対MOS評価のデータを取得した。装置の接続図を第1図(a)に示す。符号化された音声信号に誤り付加器により誤りを付加し、復号した音声の評価の対象とする。誤り付加器は動作クロックに同期してデジタルデータにランダム誤りを付加する装置で、回線のBERを段階的に変えることができる。MOS評価の被験者は11名である。評価基準を第1表に、回線品質対MOS評価のグラ

*¹ 鹿島宇宙通信センター 第二宇宙通信研究室*² 宇宙通信部 衛星通信研究室



第1図 音声コーデック評価実験接続図(1)

第1表 評価基準

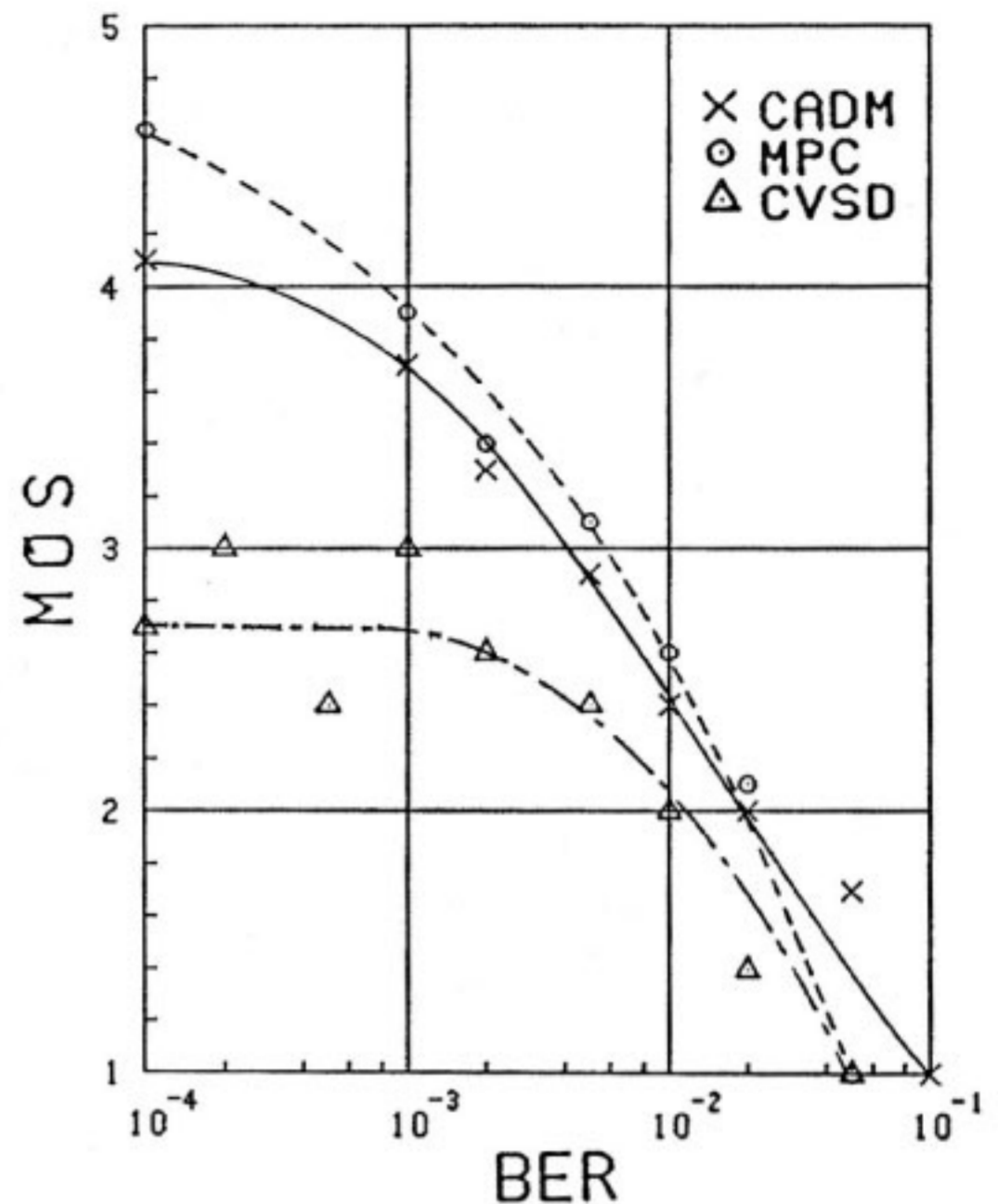
評価値	内容の了解性
5	雑音がなく、音声完全に聞き取れる。
4	少し雑音があるが、音声を聞き取ろうと努力しなくても十分話の内容がわかる。
3	かなり雑音があり、聞き取る努力が必要。
2	強い雑音があり、聞き取る努力がかなり必要。
1	非常に強い雑音があり、話の内容が了解できない。

フを第2図に示す。3つのコーデックを比較すると、回線の BER が 2×10^{-2} 以上では CADM が優位であるが、実用に耐え得る MOS 値を 3 以上とした場合には MPC が最も優れているという結果が得られた。なお、筆者の主観による各コーデックの音質の特徴を第2表に示す。

2.2 衛星回線

衛星回線においては、1989年8月に第3図 AB 間を航海中の船舶局おしよる丸の乗船者とその家族等との間で自由に通話を行なって MOS 評価を行なった。接続図を第1図(b)に示す。モデムは 16 kbps MSK、音声コーデックは CADM を用いた。船舶局と鹿島海岸航空地球局(鹿島局)間は衛星回線を用い、鹿島局と通話相手方は公衆回線を用いた。衛星回線と公衆回線を接続する際には、単に 2 線 / 4 線変換を行なっただけでは船舶局側にエコーが生じてしまうためにエコーキャンセラーを用いている。

MOS 評価実施期間中の、船舶局における受信回線品



第2図 回線品質対 MOS 評価

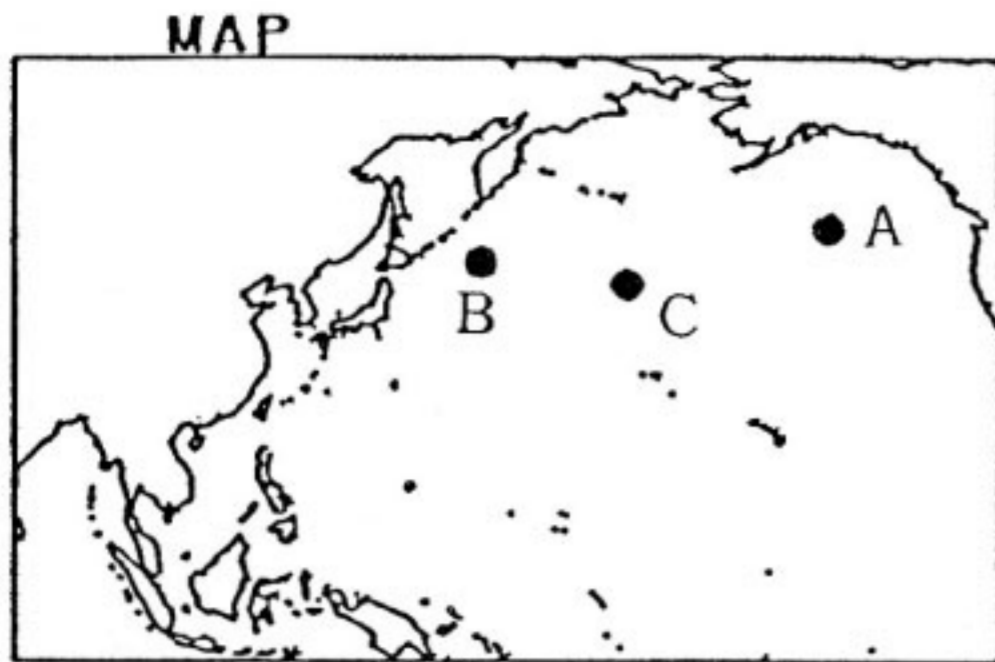
第2表 音声コーデックの音質の特徴

コーデック	特徴
CADM	誤り発生時に「パチッ!」という破裂音がある
MPC	誤り発生時にはまるで水中で会話をしているように聞こえる
CVSD	音声レベルの変化に比例して雑音レベルが変化する

質は C/N_0 が 50~60 dB、BER は 1×10^{-3} 以下である。一方鹿島局では、 C/N_0 が 64~69 dB、誤りはほとんど発生していない。

通話中に船が旋回し、自船構造物のブロッキングにより通話不能となる場合があること。鹿島局と通話相手方の公衆回線の品質が通話相手方の場所によって大幅に変化することから、全体の回線品質を把握することは困難である。よって、回線の BER は平均して 1×10^{-3} 以下であるとして MOS 評価を行なった。さらに、MOS 評価の実施方法についての説明を事前に行なう必要があるため被験対象は乗船者のみとした。被験者は延べ45名である。

結果は、MOS 評価値が 3.8であった。なお、MOS 評価と同時に衛星回線による通話に対するアンケート調査を行なった。アンケート結果を第3表に示す。通話品質は満足でき実用には十分であるという結果が得られ



第3図 船舶局位置

第3表 アンケート結果

設問	選択肢	人数 (比率)
相手の方と話を してみて何か問 題を感じました か?	特別な努力はいらない	17名 (38%)
	努力するほどではないが注 意が必要	22名 (49%)
	少々努力する必要があった	6名 (13%)
	かなり努力が必要	0名 (0%)
	努力しても会話にならない	0名 (0%)
今回の通信品質 で実用になると 思いますか?	はい	41名 (91%)
	いいえ	4名 (9%)
	理由	
	1)エコーが気になる	1名
	2)少々タイムラグがある	1名
	3)雑音が多すぎる	1名
	4)声質が多少変化する	1名

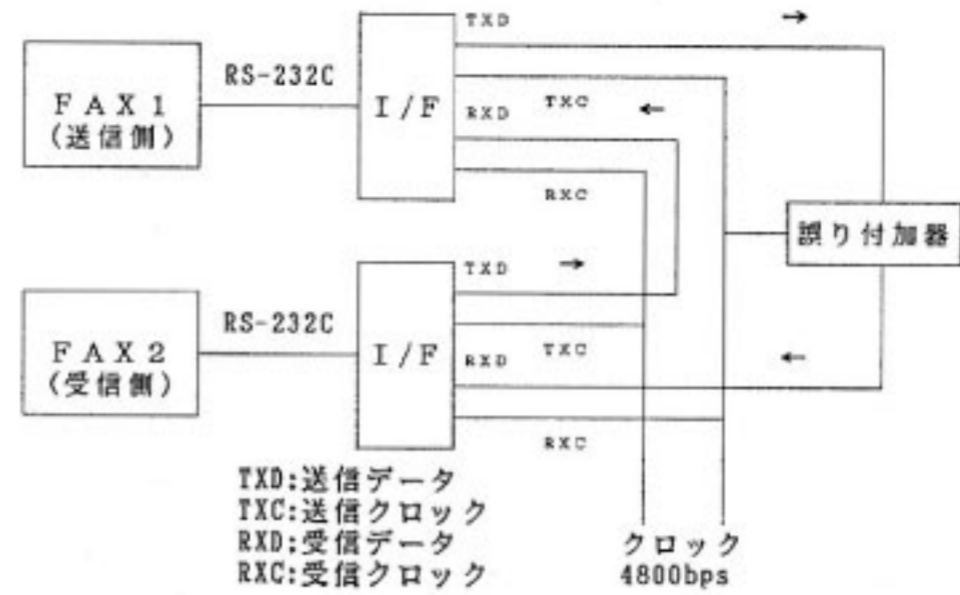
た。ただし、会話には注意が必要であるという意見もあり、その要因としては地上の電話と違い応答に時間がかかる事や、エコーキャンセラーが完全にエコーを除去していない事などがあげられる。

3. ファクシミリ評価実験方法及び結果

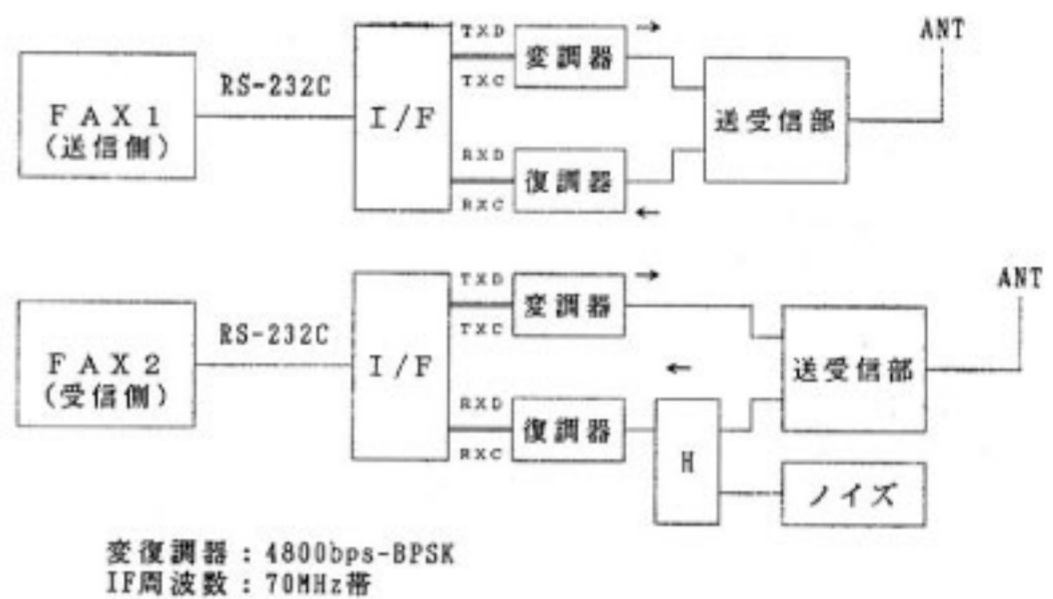
3.1 ベースバンド回線

ベースバンド回線において回線の誤り率対受信画質のデータを取得した。ファクシミリは市販品 (NEC NE FAX 22) に同期式 RS232C インターフェース機能を追加してある⁽²⁾。

接続図を第4図(a)に示す。ファクシミリを2台接続し、テストチャートを伝送する。FAX1が送信側でFAX2が受信側である。RS232Cの信号をTTLレベルの信号に変換し、FAX1の送信データ (=FAX2の受信データ) に誤りを付加している。誤り付加器は音声コーデック評価の際に用いたのと同じの装置である。FAX2は、FAX1に受信ステータスの送信も行なうため、実際にはFAX2の送信データ (=FAX1の受信データ) にも誤りを加える必要があるが、実験装置の都合上FAX2



(a) ベースバンド回線



(b) 衛星回線

第4図 ファクシミリ評価実験接続図

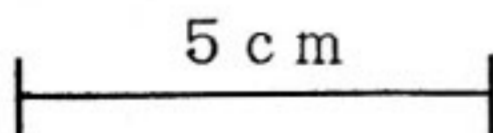
の受信側にのみ誤りを付加した。

実験結果を第5図に示す。回線の BER が 5×10^{-6} 程度まではオリジナルに対して画質の劣化はほとんど検出できない。BER が 1×10^{-5} より悪化すると劣化が目立ち始め、BER が 1×10^{-4} より悪化した場合には2回に1回は通信異常により伝送が開始されなかった。(b)に示すバースト誤りは、エラーフリーの状態では伝送中に 5×10^{-1} の誤りを約3秒間加えたもので、その部分の文字は判読不能である。

3.2 衛星回線

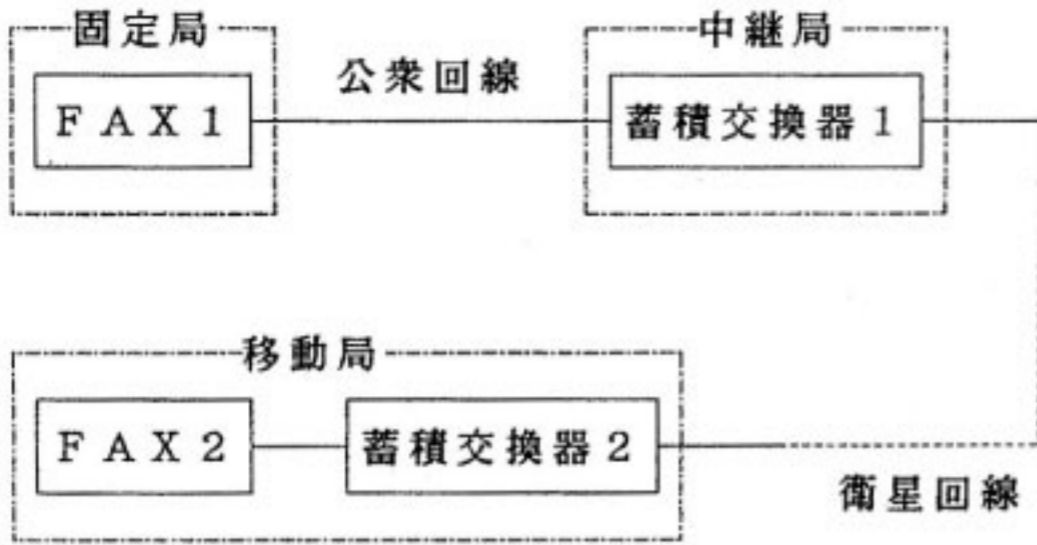
衛星回線においても、ベースバンド回線の場合と同様、回線の誤り率対受信画質のデータを取得した。実験は鹿島局と、第3図C点を航海中の船舶局との間で行なった。接続図を第4図(b)に示す。鹿島局から船舶局、及び船舶局から鹿島局へテストチャートを伝送した。衛星回線の BER がエラーフリーの状態だったので、受信 IF 信号にノイズを付加し伝送路中に発生するビット誤りを模擬している。BER は、伝送開始直前に回線の C/N_0 を測定しモデムの C/N_0 対 BER 特性の実測値から算出した。第5図(i), (j)に示すのはそれぞれ鹿島局及び船舶局で受信されたテストチャートで、両者共部分的にバースト誤りが生じているのがわかる。位置的にはフェージングが発生するような状況ではないので船上の構造物に

- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (a) オリジナル
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (b) ベースバンド
エラーフリー
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (c) ベースバンド
BER= 5×10^{-6}
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (d) ベースバンド
BER= 1×10^{-5}
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (e) ベースバンド
BER= 2×10^{-5}
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (f) ベースバンド
BER= 5×10^{-5}
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (g) ベースバンド
BER= 1×10^{-4}
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (h) ベースバンド
バースト誤り
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (i) 鹿島局受信
C/No = 47[dB-Hz]
BER= 4×10^{-5}
- At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.
- (j) 船舶局受信
C/No = 48[dB-Hz]
BER= 5×10^{-6}



→ は誤りが顕著な部分を示す

第5図 ファクシミリ評価実験結果



第6図 蓄積交換型ファクシミリ

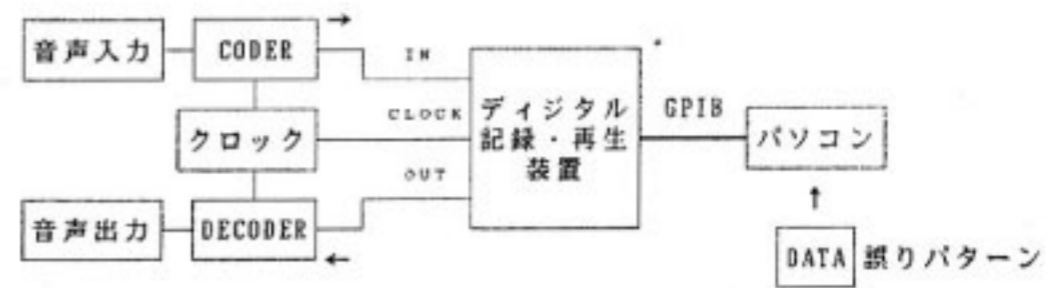
よる影響であると考えられる。

誤り発生箇所が文字が間延びした様に見えるのはファクシミリのプロトコルが、受信した1ラインの画像データに誤りがあった場合には正しく受信できた直前の画像データで置き換える処理を行なっているためである。このプロトコルは誤りがほとんど発生しないような電話回線では有効であるが誤りが連続して発生するような移動体衛星通信回線には適していない。

既存のファクシミリとの接続を考慮した場合には蓄積交換システム⁽³⁾の応用が考えられる。概念図を第6図に示す。ファクシミリと蓄積交換器との間は従来のプロトコルで通信し、衛星回線で接続された蓄積交換器間は高レベルデータリンク制御手順 (HDLC ; High level Data Link Control procedure) 等の誤り回復機能のあるプロトコルで通信する。中継局を設けることにより、蓄積交換器を持たない既存のかつ任意のファクシミリとも接続可能となる。

4. ま と め

ベースバンド回線における音声コーデックの評価では、MPC, CADM, CVSD の順で優れていることを示した。ただし、この結果はランダム誤りの回線の場合で、バースト誤りが支配的な移動体衛星通信では違う結



第7図 音声コーデック評価実験接続図(2)

果が得られる可能性もある。今後の課題として、バースト誤り回線における評価は第7図の構成により行なう予定である。この構成を用いれば符号化された音声データに既得の誤りパターンを掛合わせる事が可能であり、船舶・航空機実験で多数取得した誤りパターンを利用し、フェージング時のバースト誤り等、同一の特殊な回線状況下で各種コーデックの評価を行なう事ができる。

ファクシミリについては、そのプロトコルの問題から、ファクシミリ単体ではバースト誤りが支配的な移動体衛星通信には適していないこと及びその解決手段として蓄積交換の手法の可能性を示した。

謝 辞

日頃御指導頂く手代木関東支所長、大森第二宇宙通信研究室長に感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 大山, 鈴木, “音声符復号化装置”, 電波季, 34, 特6, pp. 119-121, 1988年3月.
- (2) 田母神, 小林, 三幣, 島田, 南林, 内田, 岩壁, 横山, 藤田, 柿崎, 小野, 渡辺, “新型感熱高速ファクシミリ NEFAX-22/27”, NEC 技報, 38, 1, pp. 93-98, 1985年12月.
- (3) 伊藤, 雨宮, 菊本, 桜井, 榎本, 加藤, 寺岡, 上原, 上田, “画像蓄積機能を有する複合 PPC ファクシミリ”, NEC 技報, 38, 1, pp. 107-115, 1985年12月.

