（165） 研究実用化報告第26巻第7号（1977） 1977

629.113：621.395：621.391.812.095.3：621.396.73

自動車電話の通話品質*

筧 一彦**
石丸 薫***
坂本正行****

あらまし 800 MHz 帯を使用し，小ゾーン構成をとる自動車電話方式について，その特徴を一般電話系の場合と対比して検討した．自動車電話系においては，受信電界強度のフェージング，同一チャネル間干渉および都市雑音などの時間変動を伴う雑音，高車内騒音による妨害があるが，移動側が4線区間となるため，レベルダイヤ設定の自由度が増すなど有利な点もある．ここでは，これらの特徴を考慮し，主として明りょう度に着目して，自動車電話系の各伝送区間に対する損失配分およびレベルダイヤを決定するとともに車内騒音などの実態調査にもとづいて通話品質を規定する条件を定めた．このような系について通話品質の測定を行い，サービスエリアの大きさ，送信機出力などに対する設計条件を決定するための資料を与えた．

1 まえがき

自動車電話は一般に走行中の自動車内で使用され，しかも自動車と局間は無線回線で接続される．したがって，その使用環境及び回線条件は一般電話系と異なる．すなわち，周囲騒音は一般電話系の場合よりも大きく，無線区間から時間変動を伴った雑音が混入し，自動車電話系の通話品質は一般電話系よりも劣化することが予想される．このような自動車電話系の通話品質に関しては，大森等[1]により検討された．その結果をもとに電話伝送基準 Q 20.00 において自動車電話系の通話品質は単音明瞭度60％以上，伝送品質（AEN）58 dB以下と規定されている．このような自動車電話系の規定は一般電話系の規定（単音明瞭度80％以上，AEN 49 dB 以下）よりも悪く，一般通話の品質と同等にするためには技術的・経済的に難しい面が多いため，特殊接続通話系として一般通話系とは区別して取扱われている．

本報告は小ゾーン構成をとり，加入者容量の増加をはかるとともに，一般通話系と同等の通話品質を目標とした 800 MHz 帯の自動車電話方式に関して通話品質の面から検討したものである．

2 自動車電話系の概要

2.1 自動車電話系の特徴

本自動車電話系の回線構成を図1に示す．図に見られるごとく，一般電話網と自動車電話網との接続においては回線構成がアンバランスとなる．すなわち，一般電話機側は2線回線であるのに対して，自動車電話機側は4線回線となる．また，自動車電話機相互間の接続状態においてはすべて4線回線となる．このような4線回線区間においては，レベルダイヤの設定が比較的自由に行えるため伝送損失を通話品質からみて望ましい値とすることが容易となる．

一方，自動車電話は，走行する車内で使用されるため周囲騒音（車内騒音）が一般電話機の場合に比べて大きく，さらに基地局と自動車電話機間の無線区間において，無線区間雑音（以下都市雑音と呼ぶ）が混

* Speech Quality of Mobile Telephone. By Kazuhiko KAKEHI, Kaoru ISHIMARU and Masayuki SAKAMOTO.
この研究は電話機研究室で行われたものである．

** 武蔵野電気通信研究所研究専門調査員
*** 横須賀電気通信研究所研究専門調査員
**** 基幹伝送研究部無線伝送研究室長補佐

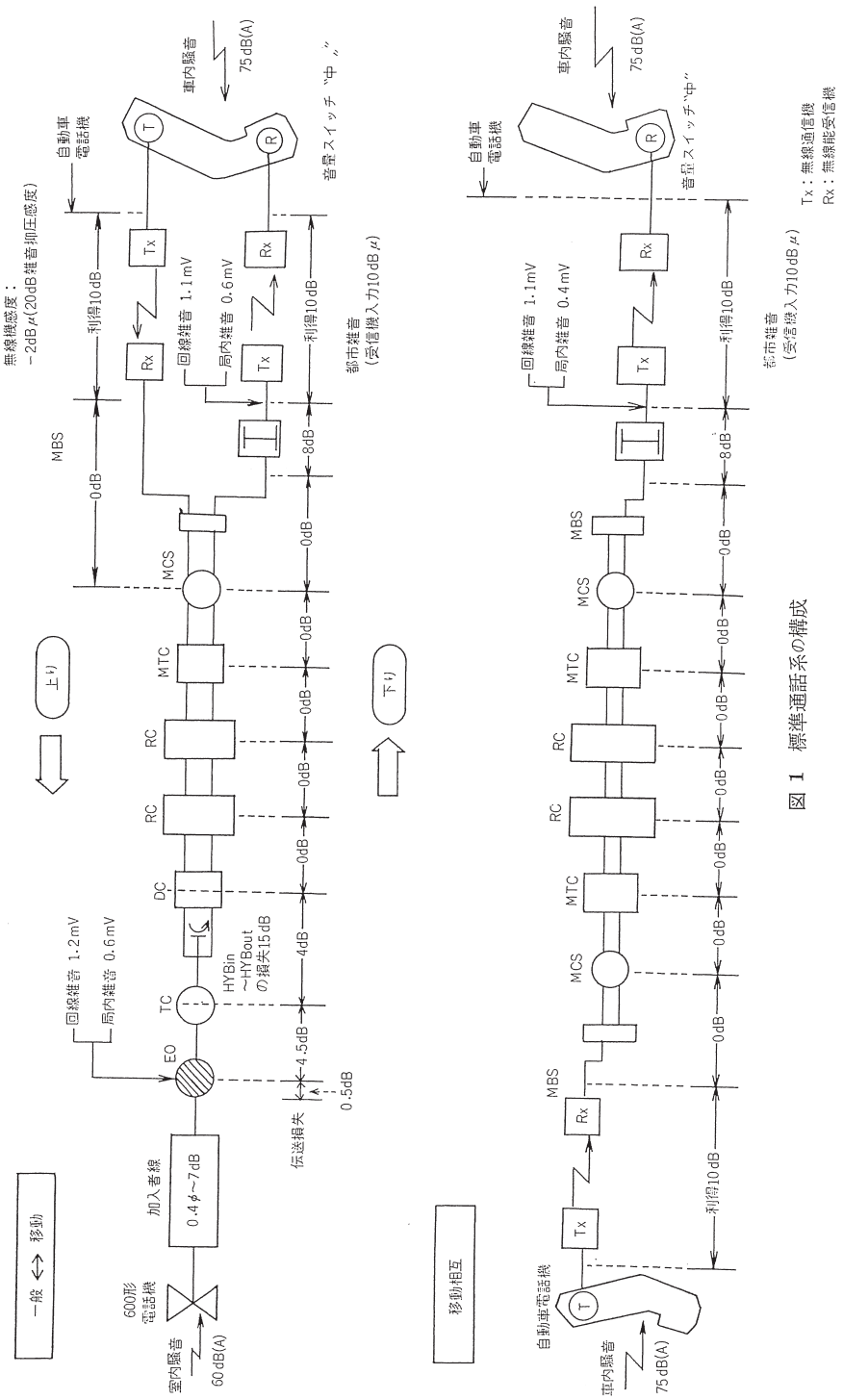

一般 ↔ 移動
移動相互
600形電話機
加入者線
0.4φ~7dB
室内騒音
60dB(A)
EO
TC
DC
RC
RC
MTC
MCS
MBS
HYBin ~HYBout の損失15dB
4dB
4.5dB
0.5dB
伝送損失
回線雑音 1.2mV
局内雑音 0.6mV
0dB
利得10dB
無線機感度：
−2dBμ(20dB雑音抑圧感度)
自動車電話機
車内騒音
75dB(A)
T
R
Tx
Rx
回線雑音 1.1mV
局内雑音 0.6mV
8dB
都市雑音
(受信機入力10dBμ)
音量スイッチ"中"
上り
下り
回線雑音 1.1mV
局内雑音 0.4mV
Tx：無線通信機
Rx：無線能受信機

図 1　標準通話系の構成

入する．また自動車が走行する場合，受信電界強度は時間的に変動（フェージング）する．このために受信機熱雑音による妨害を受ける．その他，他のゾーンにおいて同一無線チャネルが使用される場合，チャネル間の干渉による妨害を受ける．

前2者の雑音および同一チャネル間干渉においても干渉波が音声信号により変調されている場合には，一般に時間変動を伴った雑音であり，一般電話網における定常的雑音に比較し通話品質に及ぼす影響が異なる．

また本自動車電話系においては，過大音量時の過変調を防止するために，無線送信機の入力側に IDC（Instantaneous Deviation Control）回路を設け，この回路により音声の微分波形の一定幅以上をクリップする．したがって音声信号レベルが大の場合に，この IDC 回路で生ずる非直線ひずみにより品質劣化が考えられる．

2.2 車内騒音

伝送基準 Q 20.00 において，一般通話系における電話機設置場所の周囲騒音すなわち，室内騒音のレベルは 60 dB(A) と規定されている．しかし自動車電話系における周囲騒音すなわち，車内騒音は上記一般系の場合よりもレベルが高く，通話品質に及ぼす影響も大きいと考えられる．この車内騒音のレベルは交通量，走行路，車窓開閉，車種，走行速度等の種々の条件により変化する．したがって，ここではこれら各種条件下における車内騒音レベルを乗用車2車種について測定した．騒音レベルの測定法は JIS 8731 に従って 10 秒間隔ごとに騒音レベルを記録し，これらのレベルの中央値を採用した．測定結果を表1に示した．表から測定条件によって車内騒音レベルは約 30 dB 程度変化することが明らかである．

また，車内騒音のスペクトルを分析し，各種条件下における平均スペクトルを求めて図2に示した．図に見られるごとく，車内騒音の平均スペクトルはほぼ 10 dB/oct の特性をもっている．なお，車窓開閉，交通量等の測定条件の相違によるスペクトル特性の変動は −6〜−12 dB/oct 程度である．

以上の測定結果から通話品質を決定するときの車内騒音の規定値を次のように定めた．まず，騒音レベルは

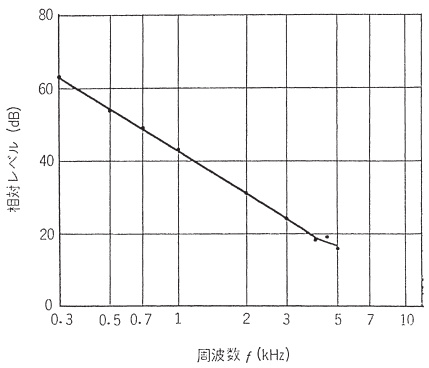


図 2 車内騒音のスペクトル

表 1 自動車内の騒音レベル

測定条件		騒音レベル（中央値）	備考
アイドリング	窓開	——	
	窓閉	51 dB(A)	
交通量の多い舗装路走行	窓開	70〜77 dB(A)	国道16号線，横須賀〜金沢八景間及び都心内堀通，甲州街道等
	窓閉	63〜71 dB(A)	
交通量の多い舗装路トンネル内走行	窓開	79 dB(A)	同上
	窓閉	74 dB(A)	
非舗装悪路走行	窓開	74 dB(A)	横通一野比間（被測定車以外の交通なし）
	窓閉	74 dB(A)	
交通量の少ない舗装路走行	窓開	70 dB(A)	三浦海岸〜一騎塚線（被測定車以外の交通はまれ）

騒音レベルの測定法は，JIS 8731 に従って 10 秒間隔ごとに騒音レベルを記録し，これらのレベルの中央値を採用した．
測定には，乗用車2車種を用いた．

交通量の多い舗装路トンネル内行時で窓を開いている場合 79 dB(A) に達するが，実際の使用時にはこのような状態が長く持続することはほとんどなく，しかも頻度も低いと考えられる．したがって，車内騒音レベルの規定値としては交通量の多い舗装路で車窓を開放して走行したときの上限に近い 75 dB(A) を採用する．

またスペクトル特性は一般通話系の場合と同じ Hoth スペクトルを採用する．Hoth スペクトルはほぼ −5 dB/oct の特性を有し，上記車内騒音の平均的スペクトル −10 dB/oct よりも高周波領域の成分が多い．したがって，Hoth スペクトルの方が明りょう度に対する影響が大きく[2] Hoth スペクトルをとれば安全側の条件となる．

2.3 雑　　音

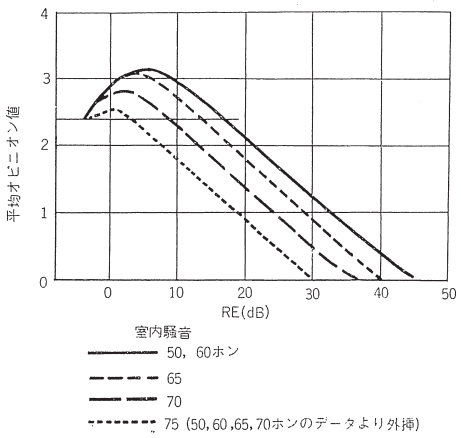
自動車電話系の回線雑音および局内雑音は，一般通話系の場合すなわち伝送基準 Q 20.00 に準じて定めた．

回線雑音については，移動側 RC-MTC 間には一般通話系 RC-DC 間に準じた雑音値を，移動側 MTC-MCS 間および MCS-MBS 間には一般通話系 DC-TC 間に準じた雑音値を適用した．局内雑音については，MBS および MCS には交換機能がないが，MTC，MCS および MBS に一律に一般通話系 4 W 交換局の雑音値を適用した．無線区間雑音における都市雑音については，下り系のみについて考慮*することとし，無線受信機入力において準尖頭値で −10 dBμ とする．なお，フェージングのドップラ周波数は 40 Hz とする．これは車速 48 km/h の場合に相当する．

自動車電話系の下り系の通話品質には，4 線回線から 2 線回線へのハイブリッド点における上りの車内騒音，無線区間雑音の回込みの影響がある．この回込みの減衰量（ハイブリット・トランスの入力から出力に至る損失）は，電話伝送基準 Q 20.00 の値を参考とし，安全側の値として 15 dB と規定した．

3 自動車電話系の損失配分

前述のように動自車電話系の移動側の回線構成は 4 線区間となるため，そのレベルダイヤは任意に設定できる．しかし，レベルダイヤ設定に当っては，移動一般及び移動相互間の通話における受話音量が過大もしくは過小とならないように配慮する必要があるほか，送受話器の音響結合によるハウリングマージンなどについても留意しなければならない．ここでは，これら受話音量に着目したレベルダイヤの設定について述べる．



加入者線：送話側　0.4 mmφ−3 dB
　　受話側　0.4 mmφ−6 dB
被測定者数：一般人　269
回線雑音：1.1 mV
研究実用化報告（Vol. 21 No. 2 1972）
「電話伝送品質のオピニオン評価についての検討」
図 3　平均オピニオン値と RE の関係

一般に最適受話音量は周囲騒音のレベルにより影響を受ける．自動車電話においては，前述のごとく車内騒音が大きいため特にこの点を考慮する必要がある．

騒音レベルおよび通話当量（音量）と平均オピニオン値の間には図 3 の関係があることが知られている．この場合，平均オピニオン値が 2.4 以上であれば電話使用者の 90％以上が「まあよい」又はそれ以上と評価する**．したがって，ここではオピニオン値が 2.4 以上となる通話当量の範囲を適正音量範囲[3]と考える．

本自動車電話系において，この適正音量範囲が実現するように損失配分を決定する．上り系の場合は 600 形電話機による受話，下り系および移動相互の場合は自

* 上り系は MSB のアンテナが使用されるため，都市雑音の影響をほとんど受けない．

** 評価のカテゴリ，*A*：非常によい，*B*：よい，*C*：まあよい，*D*：悪い，*E*：非常に悪い．

動車電話機による受話となり，各々の周囲騒音は 60 dB(A)，75 dB(A) となる．また図3において通話当量が小さくなり，音量が極端に大きくなると平均オピニオン値が低下する．このように過大音量のためにオピニオン値の低下する領域では，加入者が①発声レベルを小さくする，②受話口を耳から離すなどの傾向が出てくるので，音量の低下，受話口と耳介の間から漏入する騒音レベルの増大等により品質が劣化する．このような点を考慮して，図3から通話音量範囲（通話当量範囲）の上限をオピニオン値 2.4 以上という条件で，下限をほぼオピニオン値の最大となる条件で決定した．

上り系（室内騒音 60 dB(A)）については 2～17 dB

下り系及び移動相互（室内騒音 75 dB(A)）については 0～3.5 dB

次に，このような通話当量範囲が実現できるように自動車電話系の損失配分を以下のように決定した．

上り系については，加入着無線および市外回線系の損失が最大のとき ORE* が 17 dB となるように損失配分を行うと，自動車電話機から MBS までの上り送話系の RE は次式に示すごとく約 8 dB となる．

$$8\ \mathrm{dB} < 8.3\ \mathrm{dB} = 17\ \mathrm{dB} - 8.5\ \mathrm{dB} - 0.2\ \mathrm{dB} \quad (1)$$

ただし，

8 dB：自動車電話機から MBS までの上り送話系 RE 値）
17 dB：ORE
−8.5 dB：市外回線損失
−0.2 dB：加入者系 RRE 600 形電話機 0.4φ−7 dB

下り系については，高騒音下で使用されるため適正通話当量の範囲が狭くなり，自動車電話機の受話系利得を一定とした場合，加入者線路および市外回線の損失の和の変動幅が適正通話当量範囲よりも大きくなり，上記目標が満足されない接続状態が生ずる．本自動車電話機では受話系利得を「大」「中」「小」の3段階に手動で変化することのできる音量スイッチを設け[4]，いかなる接続状態においても，この音量スイッチの調節によって ORE の目標値がほぼ達成できるように，音量スイッチのステップ幅を 5 dB とした．上記の条件が満足されるように自動車電話系の受話系通話当量を決定する必要がある．加入者線路と市外回線の損失が最大で，音量スイッチを「大」にした場合，ORE が 2.5 dB となるように自動車電話系の受話 RE を設定する．この場合音量スイッチが「中」の状態では，自動車電話の下り受話系の RE は次式のごとく約 −8 dB となる．

$$-8\ \mathrm{dB} = 2.5\ \mathrm{dB} + 5\ \mathrm{dB} - 8.5\ \mathrm{dB} - 7\ \mathrm{dB} \quad (2)$$

ただし，

−8 dB：MBS から自動車電話機までの下り受話系 RE 値
2.5 dB：ORE
+5 dB：音量スイッチ「大」と「中」の差
−8.5 dB：市外回線損失
−7 dB：加入者系 SRE 600 形電話機 0.4φ−7 dB 加入者線

自動車電話系下り受話系の RE を −8 dB とした場合において，加入者線路と市外回線の損失が最大および最小となる場合の音量スイッチの位置と ORE の関係を示すと図4のごとくなり，上記の目標が達成されていることがわかる．

つぎに，無線機等のハード側条件を考慮した損失配分を行う．本自動車電話系においては，過大音量時の過変調を防止するために送信機の入力側に IDC 回路が用いられているので，この回路による音声のピーククリッピングによる品質劣化がないように損失配分を行う必要がある．

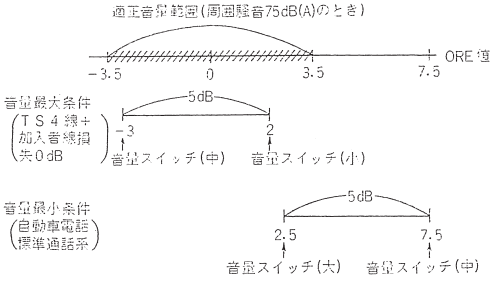


図 4 下り系の受話音量レベル

* ORE : Overall Reference Equivalent 特に系全体の RE 値を部分の RE 値と区別するときに使用した．

通常のピーククリッピングにおいては，クリッピングレベルが 10 dB 以下では品質に対する影響はほとんど問題にならず，クリッパへの入力音声が 6 dB/oct の伝送特性をもつ場合（位相変調方式の場合は，これに 相当する）は，一層振幅ひずみに対する 許容度が 広くなることが知られている[5].

下り系については，伝送損失が最大となる 系での明りょう度の向上を図ることに重点をおき，伝送損失が最小の系においてクリッピングによる 音声の 不自然性 があまり生じない範囲に，下り系の無線送信機入力のレベルを設定する目的で無線送信機の入力側に 8 dB のそう入損失を与えた．この場合送信機への入力レベルは概略次のようになる．

伝送損失が最大のときの無線入力レベルは

$$-30\ \mathrm{dBm} = -6\ \mathrm{dBm} - 7.5\ \mathrm{dB} - 8.5\ \mathrm{dB} - 8\ \mathrm{dB} \quad (3)$$

ただし，

−6 dBm：600形電話機の出力　供給電流30mA

−7.5 dB：加入者系損失

−8.5 dB：回線損失

−8 dB：そう入損失

伝送損失が最小のときの無線機入力レベルは，

$$-19.5\ \mathrm{dBm} = -6\ \mathrm{dBm} - (-3\ \mathrm{dB}) - 3\ \mathrm{dB} - 5.5\ \mathrm{dB} - 8\ \mathrm{dB} \quad (4)$$

ただし，

−6 dBm：600 形電話機出力　供給電流 30 mA

(−3 dB)：電流供給損の補正

−3 dB：Pad の損失

−5.5 dB：回線局内損失

−8 dB：そう入損失

音声のピークファクタを 14 dB と考え，IDC 回路によりクリッピングされるレベルを−17 dBm に設定すると，最大伝送損失時ではほとんどクリップを受けず（クリッピングレベル 1 dB），明りょう度的に望ましい状態に 設定される．また，最小伝送損失時のクリッピングレベルは 12.5 dB となるが，前記文献の 結果からクリッピングによる明りょう度劣化はほとんどなく，音声が著しく不自然になることもないと考えられる．

上り系については，IDC 回路によりクリッピングされるレベルを−7dBm に設定，音声のピークファクタを 14dB，クリップに対する余裕を 3 dB にとると上り 系無線送信機の入力レベルは −24 dBm となる．

また，無線区間の利得はハード側条件により 10 dB に設定されている．したがって，式 (1) より自動車電話機の送話 RE の目標値は 18 dB となる．一方，自動車電話機の受話 RE については，式 (2) および下り系無線送信機の 入力側に 8 dB の損失を 与えたことから，受話 RE の目標値は −6 dB となる．

4 自動車電話系の通話品質

4.1 標準通話系

一般に電話通話系の通話品質を規定する場合，その通話系の最悪条件すなわち限界通話系において 通話品質を規定する．この限界通話系を標準通話系と呼ぶ．一般通話系の 標準通話系は 電話伝送基準 Q 20.00 において定められている．

本自動車電話系 における 標準通話系には，上記損失配分の結果から図 1 に示した 回線系を用いることとする．一般通話系側は 伝送基準 Q 20.00 の標準通話系に準じて設定した．また，騒音，雑音については，前節で規定した値を用いることとする．

4.2 伝送特性

自動車電話系の通信品質を測定する 場合，実際に自動車を用いた走行状態で測定することは 条件設定，同一条件の再現性，各種要因の分離等の面で 困難である．したがって，自動車電話系の 品質測定にあたっては，無線区間をシミュレートすることのできるフェージングシミュレータ[6]を用いるとともに，実際の 走行状態について測定する．

ここで用いた無線区間の感度周波数特性の一例を図 5，図 6 に示し，フェージングシミュレータの特性例を図 7，図 8 に示した．また，自動車電話機の送話系および受話系の感度周波数特性の一例を図 9，図 10 に示した．

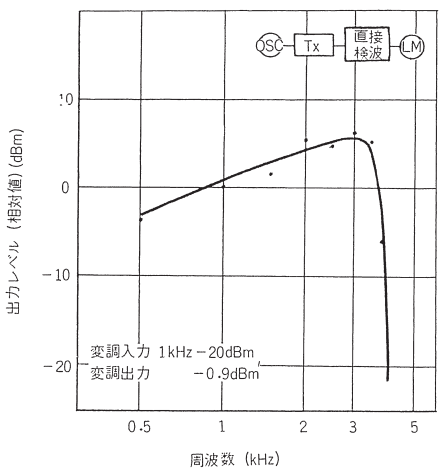
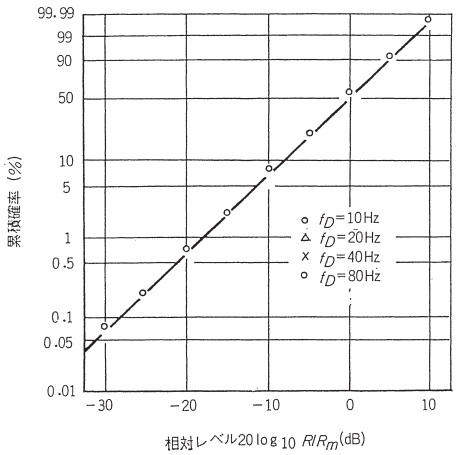


図 5 変調部周波数特性



実線は，受信波の振幅変動がレーレ分布に従う場合の理論値．f_D はドップラ周波数

図 7 フェージング波の振幅の累積分布(6)

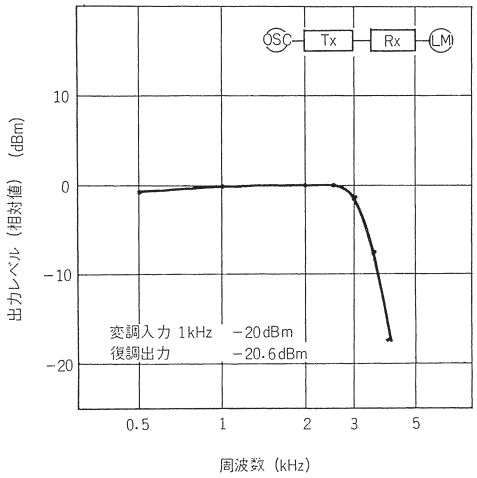
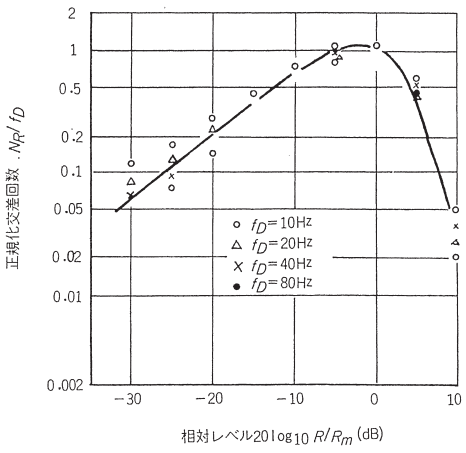


図 6 無線区間総合周波数特性



実線は，フェージング波の振幅変動がレーレ分布則に従う場合の設定レベル R を正の傾斜で横切る回数の平均値 N_R を f_D で正規化したものの理論値

図 8 交差回数特性(6)

4.3 品質測定結果

前述のごとく，自動車電話機の使用される自動車内の騒音は一般通話系の場合よりも大きく，さらに一般通話系にはない，フェージングを伴った無線区間雑音が存在する．したがって，雑騒音の条件は一般通話系の場合よりも悪いが，移動側が4線区間であるため，音量は比較的充分な値が確保されるにもかかわらず，現在，経済性を考慮した場合に，実現できる系の単音明りょう度の値は一般電話系の限界値（80%）付近にある．一方，移動の送信系は過変調防止のための IDC 回路を有しており，過大音声信号に対して非線形性を呈し通話品質の劣化を生ずるので AEN 測定には問題がある．

ここでは，上記の点を考慮して，通話品質尺度として単音明りょう度をとり，RE を参考値にとることとした．

本自動車電話標準通話系における単音明りょう度の測定結果を以下に示す．ただし，測定にはフェージングシミュレータ*を用いた．図 11，図 12 は上り系および下り系

* 昭51．信学会総合全国大会，平出「発停車現象のシミュレート可能な3波フェージングシミュレータ」

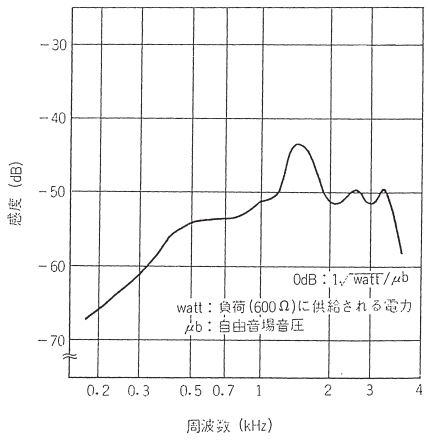


図 9　送話系感度周波数特性（音場特性）
（自動車電話機測定例）

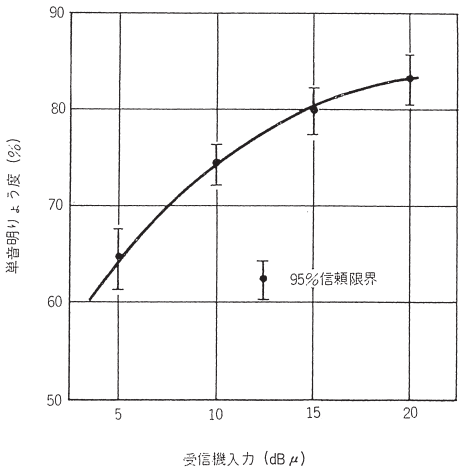


図 12　通話品質（下り系）

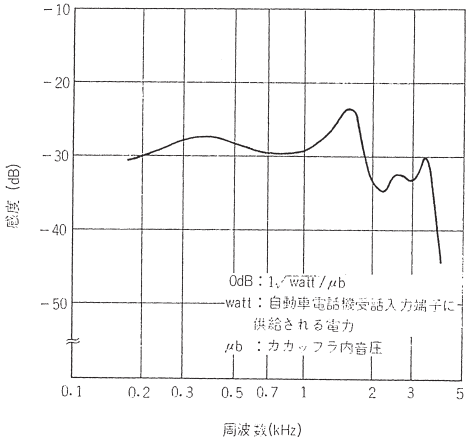


図 10　受話系感度周波数特性
（自動車電話機測定例）

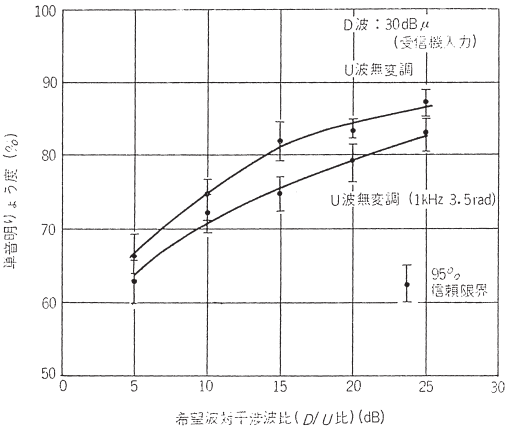


図 13　通話品質（下り系チャネル間干渉あり）

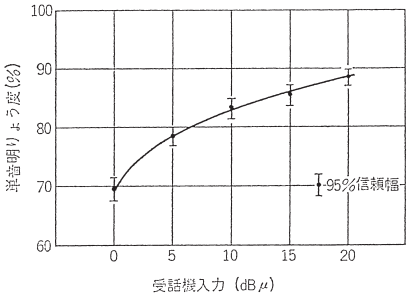


図 11　通話品質（上り系）

の結果を示し，上り系の場合受信機入力が約 7 dBμ，下り系の場合約 14 dBμ 以上であれば一般の通話系の限界である単音明りょう度 80% 以上の品質の 得られることが明らかである．

図 13 は下り系にチャネル間干渉がある 場合の 結果を示し，干渉波が 無変調の 場合，希望波対干渉波比（D/U 比）が約 14 dBμ，干渉波が 変調されている場合，D/U 比が約 21 dBμ 以上 であれば 80% 以上の単音明りょう度が得られることがわかる．ただし，希望波の受信機入力レベルは 30 dBμ である．

移動相互間通話の場合の結果を表 2 に示した．この場合，下り系の受信機入力が 20 dBμ，上り系の受信機入力が 8 dBμ 以上であれば 80% 以上の単音明りょう度が得られる．

実際の自動車電話使用時における通語品質を得るた

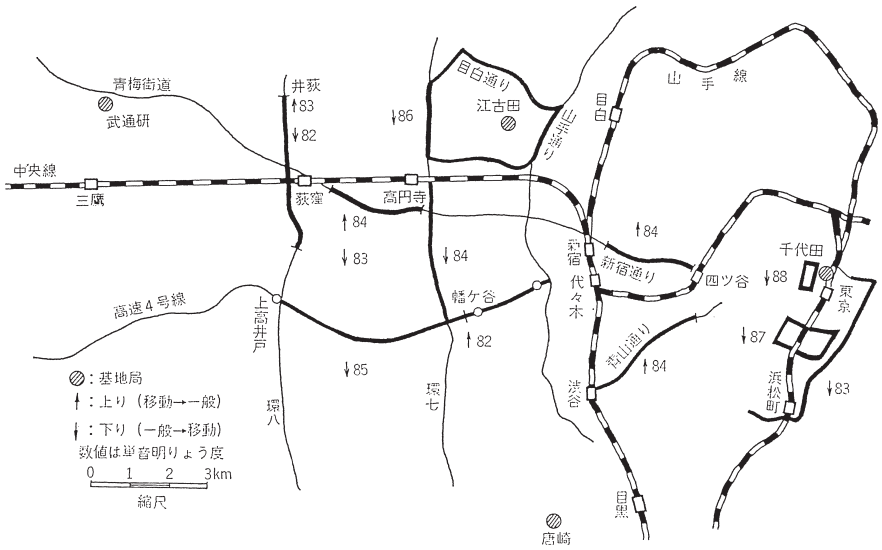


図 14 現場走行試験における通話品質

表 2 移動相互間の通話品質

上り＼下り		受信機入力 10	15	20	22	27	29	34
受信機入力 (dBμ)	3	74	75					
	8		79	80				
	15				82	81		
	22						83	82

数値は単音明りょう度.

めに，東京都内において，走行状態で単音明りょう度の測定を行った．その結果を図 14 に示した． また，標準通話系の通話当量を測定した 結果，損失配分の 項で設定した値がほぼ得られることが確認された.

5 むすび

800 MHz 帯を使用し，小ゾーン構成をとる自動車電話系についての特徴を 考慮したうえで，通話品質および伝送基準面から適切な損失配分の 決定を 行うとともに，自動車電話の通話品質を測定し，自動車電話系の設計資料を得た．この結果にもとづいて，本自動車電話系においては，一般通話系の限界品質と同じ単音明りょう度 80% 以上の 品質をサービスエリア内 96% の地域に対して確保できることが明らかとなった[7].

なお，今後はフェージングや 都市雑音のような， 時間的に変動する 雑音の明りょう度に対する 影響を，それらの物理的諸量から推定する計算法およびチャネル干渉波が音声によって変調されている場合の妨害効果などについて検討することが課題と考えられる.

謝 辞

本研究を遂行するに当って，御指導，御討論 いただいた 電話研究室苗村室長， 宅内技術研究室浮津室長，移動通信研究室伊藤室長，横須賀電気通信研究所鎌田研究専門調査役に感謝いたします.

実験を遂行された移動通信研究室寺野社員，通話標準クルー江角，加藤，横川，長尾の 各社員に感謝します.

また有益な御討論，御意見をいただいた 近畿電気通信局第 1 計画部長， 黒田調査役（もと 技術局基準担当），技術局移動無線担当高村調査役に厚く御礼申し上げます.

文 献

(1) 大森・臼田：移動無線電話方式における通話品質に関する考察，通研実報，12，No. 3，p. 323， 1963.

(2) 山口：通話性能からみた新形電話機の設計指針，通研実報，**9**，No. 1，p. 28，1960.
(3) 渡辺：電話伝送品質のオピニオン評価についての検討，通研実報，**21**，No. 2，p. 271，1972.
(4) 鮎ケ瀬・石綿・藤田：自動車電話機の設計，通研実報，**26**，No. 7，p. 2095，1977.
(5) J. C. R. Licklider : Effects of Amplitude Distortion upon the Inteligibility of Speech, J. A. S. A., **18**, No. 2, 1946.
(6) 平出・安倍・花沢・安達：陸上移動無線用フェーディングシミュレータ，信学誌，**58**-B，No. 9，p. 449，1975.
(7) 坂本・鎌田：自動車電話無線回線設計，通研実報，**26**，No. 7，p. 1855，1977.

(1977，5，19 受付)