

研 究

II-2 市街地及び郊外地における
陸上移動多重伝搬路の諸特性大鐘 武雄^{*1} 三瓶 政一^{*2} 神尾 享秀^{*2}
笹岡 秀一^{*2} 水野 光彦^{*1}

(1990年8月20日受理)

II-2 UHF URBAN AND SUBURBAN MULTIPATH PROPAGATION
CHARACTERISTICS IN WIDEBAND MOBILE RADIO
COMMUNICATIONS

By

Takeo OHGANE, Seiichi SAMPEI, Yuki Yoshi KAMIO,
Hideichi SASAOKA, and Mitsuhiro MIZUNO

1. ま え が き

陸上移動通信は固定の通信回線と異なりそのほとんどが見通し外伝搬であるため、移動局や基地局の周囲の地形地物（建物や山等）によって受信波が反射・回折・散乱等の影響を受ける。このため、受信波はそれぞれ異なった到来方向・遅延時間を持った多重波が重畳した信号となる。

このような多重伝搬路においてデジタル通信を行う場合、シンボル長に比べて多重波の遅延時間が無視できなくなると、伝送帯域内の周波数特性にひずみが生じ通信品質の劣化を引き起こす。これが周波数選択性フェージングと呼ばれる現象である。

現在、ヨーロッパ諸国に代表されるように、各国では広帯域デジタル陸上移動通信システムの検討が進められている⁽¹⁾。それに伴い、選択性フェージング補償技術の開発の必要性が生じるとともに、多重伝搬路特性の評価が重要な問題となってきた。

過去の多重伝搬路特性の測定例としては、Cox らの報告⁽²⁾⁽³⁾をはじめとして、我が国においてもいくつかの報告⁽⁴⁾⁻⁽⁷⁾がある。

これらの報告は、Delay Spread やコヒーレント帯域幅等の統計量による解析が主であった。しかし、適応

等化器やアダプティブアレー等の選択性フェージング対策技術⁽⁸⁾⁽⁹⁾の開発という観点から多重伝搬路特性を考えた場合、統計量のための議論では不足であり、瞬時ににおける多重波の到来方向と遅延時間との関係等、ダイナミックな特性を明らかにする必要があると考えられる。

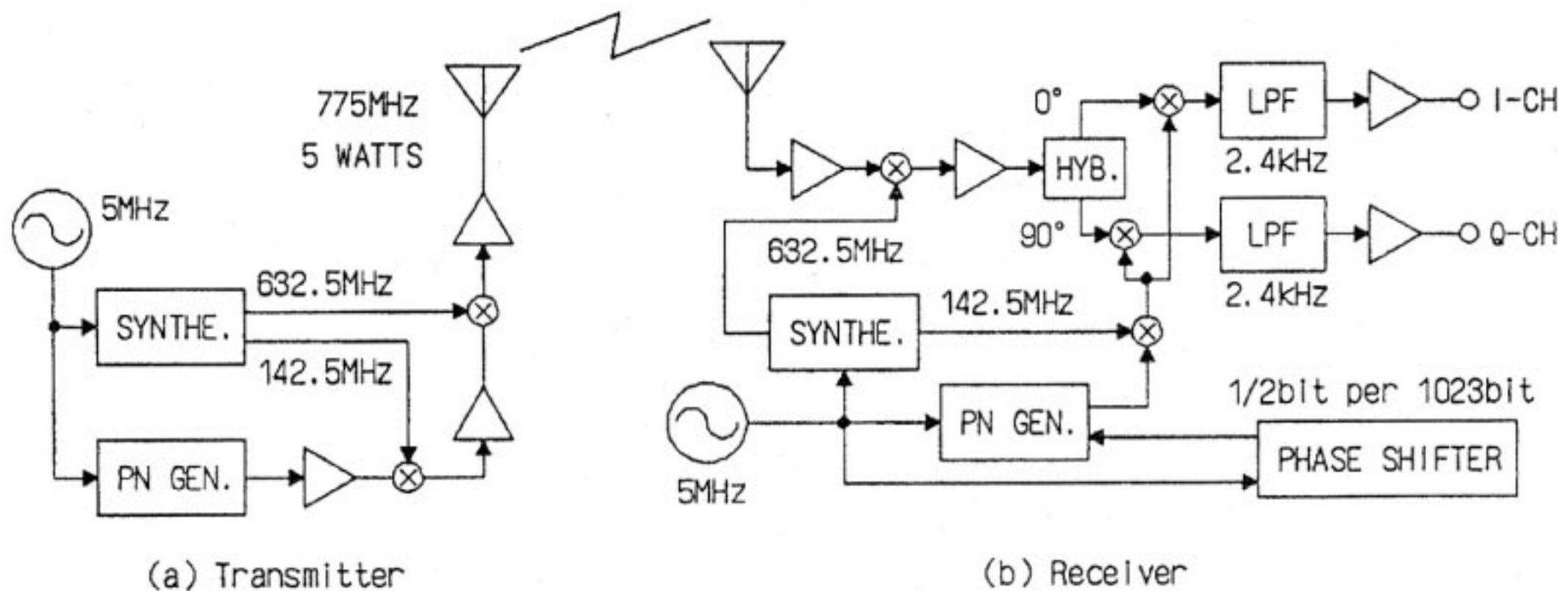
1982年には、Bajwa, Parsons らが複素遅延プロファイル⁽¹⁰⁾を測定し、各到来波の分布を遅延時間とドップラシフト（到来方向に対応）の関数として表すことによって種々の地域における多重伝搬路の発生構造について検討を行っている⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。一方、我が国でも指向性アンテナを使用し、多重波の到来方向特性に関する測定が行われているが⁽¹²⁾⁽¹³⁾、微視的な検討に重点がおかれており、地域的特徴を記述するには至っていない。

筆者らは昭和61年11月、郵政省通信総合研究所（東京都小金井市）の周辺において、スペクトル拡散信号を用いた UHF（775 MHz）帯における複素遅延プロファイルの測定を行った⁽¹⁴⁾。本論文では多重波の遅延時間と到来方向の分布特性や最大遅延時間の累積分布等を用いて、市街地と郊外地の典型的な地点における多重伝搬路の諸特性について検討を行う。

ここでは、まず文献⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾と同様の手法を用いて遅延-ドップラースペクトル特性を求め、周囲の地形地物との比較検討により市街地と郊外地における多重波の発生構造の特徴を明らかにする。また、郊外地の測定地域を例にとり、遅延時間を固定した場合の振幅変動分布を調べ、

* 1 総合通信部 通信系研究室

* 2 通信技術部 通信方式研究室



第1図 測定装置の概要

遅延時間の増加に伴う振幅変動分布の変化を示す。続いて、各地域での電力遅延プロファイルにおいて最小遅延到来波の電力の -10 dB 以上となる遅延波の遅延時間の最大値を最大遅延時間と定義し、各地域における最大遅延時間の累積分布を用いて、市街地と郊外地の差異、道路幅の影響等について評価する。

2. 測定方法

2.1 測定系

測定は文献(7)にあるスペクトル拡散方式の送受信機により行った。本装置は PN (Pseudo Noise) 符号を送信し、受信側で独立に発生させた同じ符号系列との相関をとることによって等価的に伝搬路のインパルス応答を得る手法を用いている。

測定装置の概要を第1図に示す。

送信機は 5 MHz のクロックで発生させた PN 系列 (符号長 1023 ビットの M 系列) を BPSK (Binary Phase Shift Keying) 変調し、中心周波数 775 MHz で 5 W 出力の送信を行う。送受信機の周波数の基準としては、受信機側でルビジウム原子発振器、送信機側でセシウム原子発振器を用いており、送受信機間の搬送波周波数の誤差は約 0.1 Hz 以内に抑えられている。なお、遅延波測定の時間分解能は PN 系列のクロックの逆数 ($0.2 \mu\text{sec}$) で与えられる。

多重伝搬路の影響を受けた信号は受信機において、まず IF 帯に変換された後、受信機側で独立に発生させた PN 系列との相関がとられる。この操作は直交した2つのチャンネルで行われ、複素の遅延プロファイルの測定が可能である。

多重伝搬路の遅延特性に対応した相関出力を得るためには、受信機側で PN 系列の符号位相を順次シフトさせる必要がある。従来の測定では、受信機側の PN 系

列のクロックを送信時より遅らせることによって、符号位相を連続的に変化させる方法が用いられていた⁽²⁾⁽³⁾。本装置では相関をとる時間を1周期 (1023 ビット) とし、1周期ごとに符号位相を $1/2$ ビットずつシフトさせる方法を用いている。

送信局は郵政省通信総合研究所 (東京都小金井市) に設置し、地上高約 35 m の3段コリニアアンテナ (垂直偏波) を使用した。移動局には車体ルーフ上 (地上高約 2.5 m) に無指向性 $\lambda/4$ ブラウンアンテナを取り付けた。

2.2 測定地域

測定の対象地域は送信局を中心とした東京都小金井市の周辺で、送信局との距離が $2\sim 3$ km となるよう走行コースを選択した。この地域は住宅、ビル、大学、公園、農地等が混在した地域であり、種々の多重伝搬路特性が同時に観測できる。

本論文では住宅の密集した商店街等の市街地及び建物が疎らな住宅地や公園からなる郊外地の典型として、次の3つの特徴的な地域を抽出して解析を行った。

(AREA 1) 郊外地 (大学・公園付近)

(AREA 2) 市街地 (住宅密集地)

(AREA 3) 市街地 (交差点付近)

各地域の略図を第2図に示す。特に、3階建て以上の高さの建物については濃いハッチングで示した。なお、図中で直接波とあるのは、送信局から受信局への方向を示したものである。詳細な特徴については3.1で述べる。

2.3 データ処理と解析区間の大きさ

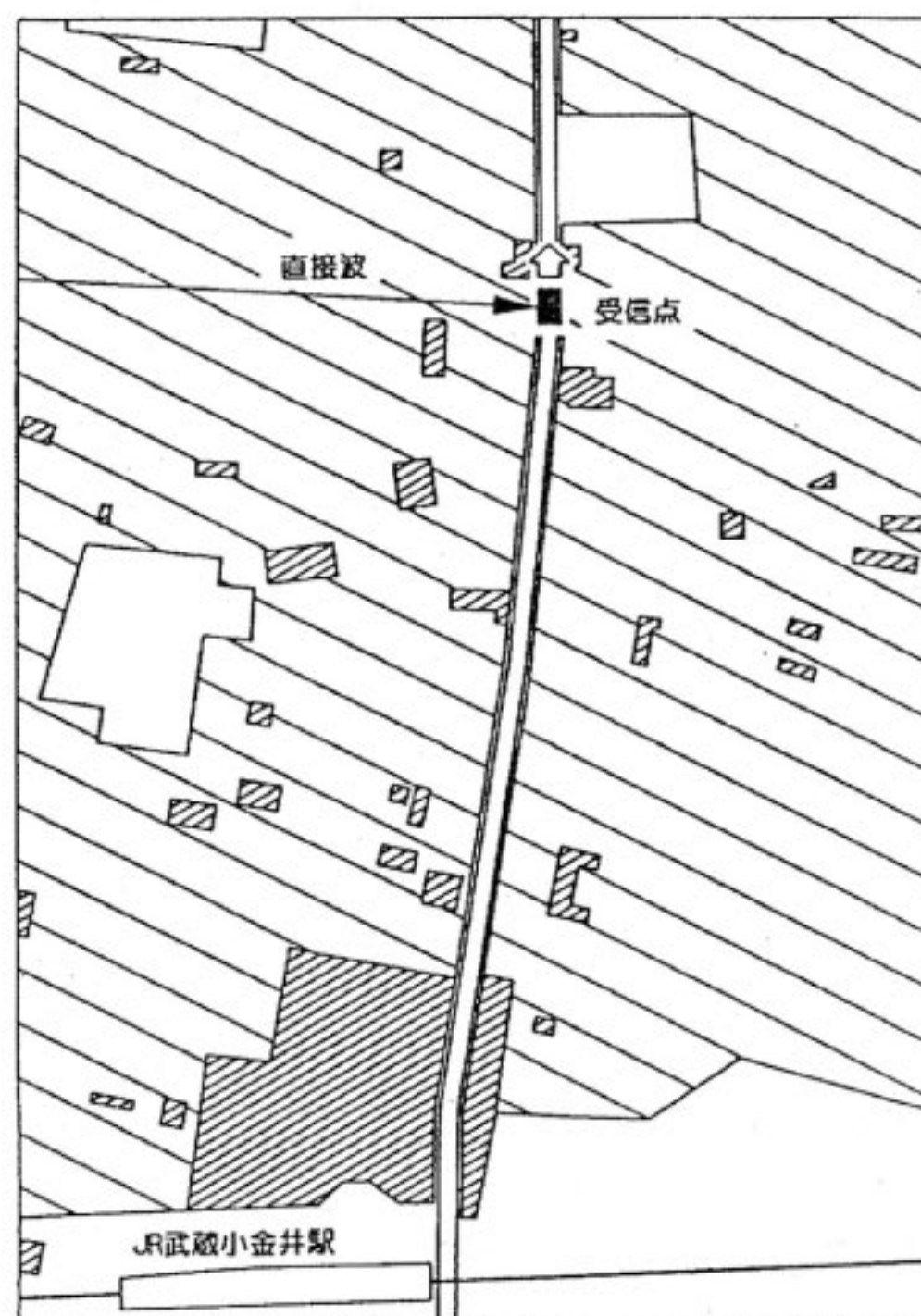
絶対遅延時間を考慮した遅延プロファイルを得るためには、送受信機間で同期したクロックを用いて時刻比較を行う必要がある⁽²⁾。今回の測定では測定系の簡略化のため、相対遅延時間のみの測定とした。このとき、データ処理時において最初に到来する波を常にモニタし、相対遅延時間の基準とした。また、基地局と移動局間の距



(a) (AREA 1)



(c) (AREA 3)



(b) (AREA 2)

0 500m

3F以上の建物群

低層の建物群

第2図 各測定地域の略図

離の変化による絶対遅延時間の変化を考慮し、相対遅延時間 $3\mu\text{sec}$ の遅延波まで測定可能なように遅延波の測定範囲を $5\mu\text{sec}$ に設定した。このとき1つの遅延プロファイルの測定に要する時間(掃引時間)は 10.23 msec となる。

遅延プロファイルのサンプル系列を用いて統計的解析を行う場合、各プロファイルのサンプリング間隔を距離上で一定にする必要がある。処理対象とした3つの地域においては車速がほぼ一定($\approx 40\text{ km/h}$)であり、この条件を満足している。なお、このときのサンプリング間隔は約 11 cm となる。

更に、各到来波の振幅・位相変動や到来方向を統計処理によって求める場合には、処理を実行する区間内にお

いて『各多重波の遅延時間が不変』でなければならない。すなわち、解析区間内において

- (1) 任意の遅延時間の受信波の変動は遅延時間の変化による変動は含まず、各多重波の振幅及び位相の変動のみに依存する広義の定常過程である

(Wide Sense Stationary : WSS).

という条件が成立している必要がある。この条件が成立する区間の幅は $5\sim 30\text{ m}^{(3)}$ あるいは $10\lambda^{(10)}$ 程度と言われている。このとき、各散乱物体間の位置関係には相関がないことから、この微小区間において

- (2) 異なった遅延時間に対応する到来波の振幅・位相変動はそれぞれ無相関である (Uncorrelated Scattering : US).

という性質が成立する。このことから、これらの条件を満足するような伝搬路は WSSUS チャネルと呼ばれている。

本論文では、各到来波の特性を論じるような場合、すなわち、遅延-ドップラースペクトル特性及び遅延時間を固定した場合の振幅の累積分布特性については64個のプロファイルで処理を行った。これは約 7 m (約18λ) の微小区間に相当し、WSSUS チャネルとなる条件を十分満足すると考えられる。

一方、各到来波の特性よりも地域の全体的な傾向を評価する場合には、統計処理を行う区間の幅を広げることによって統計の信頼度を向上させることが得策である。従って、各地域の最大遅延時間の累積分布特性については、従来の測定結果を参考にし、解析区間の幅を 150 m とした。

3. 解析結果

3.1 遅延-ドップラースペクトル特性

多重伝搬路特性を考える場合、各到来波の遅延時間と到来方向を測定し、実際の地形地物と対応させて評価すれば、各地域における多重波の発生構造の特徴をつかむことができる。特に選択性フェージング対策としてアダプティブアレーや指向性ダイバーシチを用いる場合には、到来方向に関する情報が必要となる。ここでは、市街地で2か所、郊外地で1か所の地域を例にとり、到来方向の分布も含めた多重伝搬路特性の比較検討を行った。

各到来波の到来角は、指向性の鋭いアンテナを回転走査させることにより推定できる⁽¹²⁾⁽¹³⁾。しかし、この方法では測定系が大規模になるため、種々の地点における測定を必要とする場合には不都合である。

本論文では、第3図のように到来波のドップラースhiftが到来角の関数となることを利用し、受信波のドップラースペクトルを調べることによって到来波の空間的分布を求めた⁽¹⁰⁾。この方法によれば、データ処理のみによって到来方向特性を得ることができる。

ある遅延時間 τ で到達した受信波のドップラースペクトルは、複素遅延プロファイルの時系列から遅延時間 τ に対応する複素データの時系列を抽出し、フーリエ変換することにより得られる⁽¹¹⁾。ここでは2.3で述べたように、64サンプルの離散データでFFTを行った。このとき、ドップラースペクトルの分解能は約 1.5 Hz となる。

3.1.1 郊外地における多重伝搬路特性

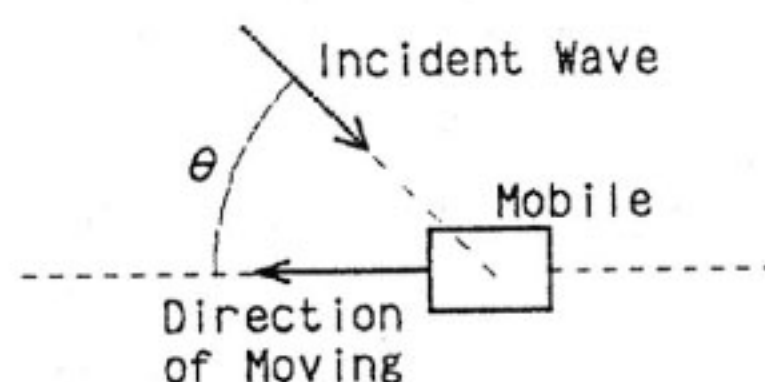
第4図に (AREA 1) での遅延-ドップラースペクトル特性を示す。各軸はそれぞれ、遅延時間、ドップラースhift、相対電力密度を表す。

この測定地点は府中街道津田塾大学付近であり、比較

的見通しのよい郊外地である。この測定地点は、道路幅約 10 m 程度の道路に対して送信局側に大学の校舎が、反対側に低層の住宅と小平中央公園がある⁽¹⁴⁾

第4図の遅延時間 0.0~0.2 μsec のドップラースhiftを見ると、スペクトルが一様に広がっていることがわかる。到来角で考えると、受信局の周囲に複数の到来波が存在していることを示しており、これらの多重波は受信局の近傍の低層の住宅や大学校舎で発生した散乱波と考えられる。

遅延時間 1.2 μsec 付近には鋭いスペクトル、すなわち、強い遅延波の成分が見られる。このドップラースhift量は約 10 Hz であり、角度成分に変換すると進行方向に対し約65度の方向から到来していることを表す。この遅延時間及び到来角の条件は、1回反射を仮定すると小平中央公園の中心付近にある体育館（高さ4階程度）の位置と一致し、遅延波の反射源が体育館であることが推定される。このことは、遅延-ドップラースペクトル特性と周囲の地物の位置関係との対応が正確であることを示している。

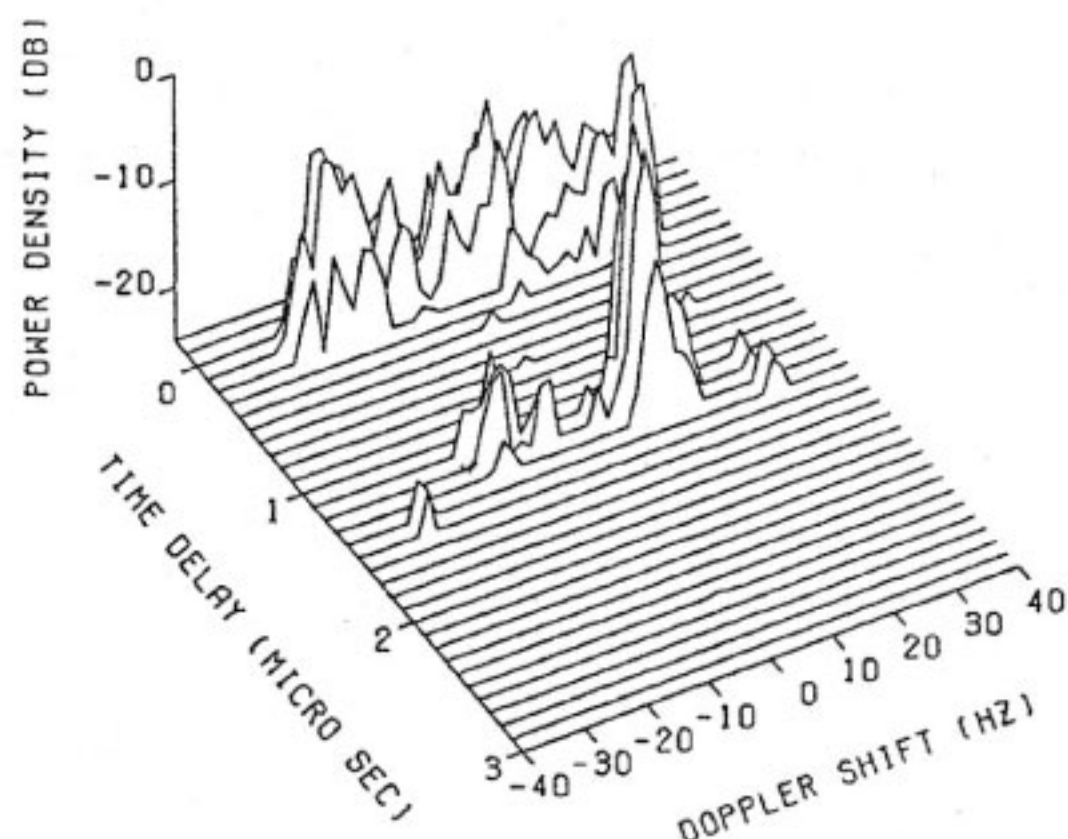


$$\theta = \cos^{-1}(f_d / f_{dmax})$$

f_d : Doppler-shift

θ : Incident Angle

第3図 ドップラースhiftと到来角



第4図 郊外地における遅延-ドップラースペクトル特性の一例

孤立した強い遅延波は、建物が疎らな郊外地の他の測定地域においても多数観測された。このような地域ではどの方向に対しても見通しがよいため、高い建物がある場合には強い遅延波が生じやすいと考えられる。このとき、到来方向は建物の位置に依存しているため、到来角の分布における規則性は見られない。

以上の測定結果から、郊外地における多重波の構成は近傍の散乱波と特定の建物による強い反射波の2つに大別することができる(第5図参照)。すなわち、郊外地の多重伝搬路は、遅延時間の短い範囲においては多方向からの散乱波が主体となり、これに任意の遅延時間及び任意の到来方向を持つ強い孤立した遅延波が加わった構造となる。

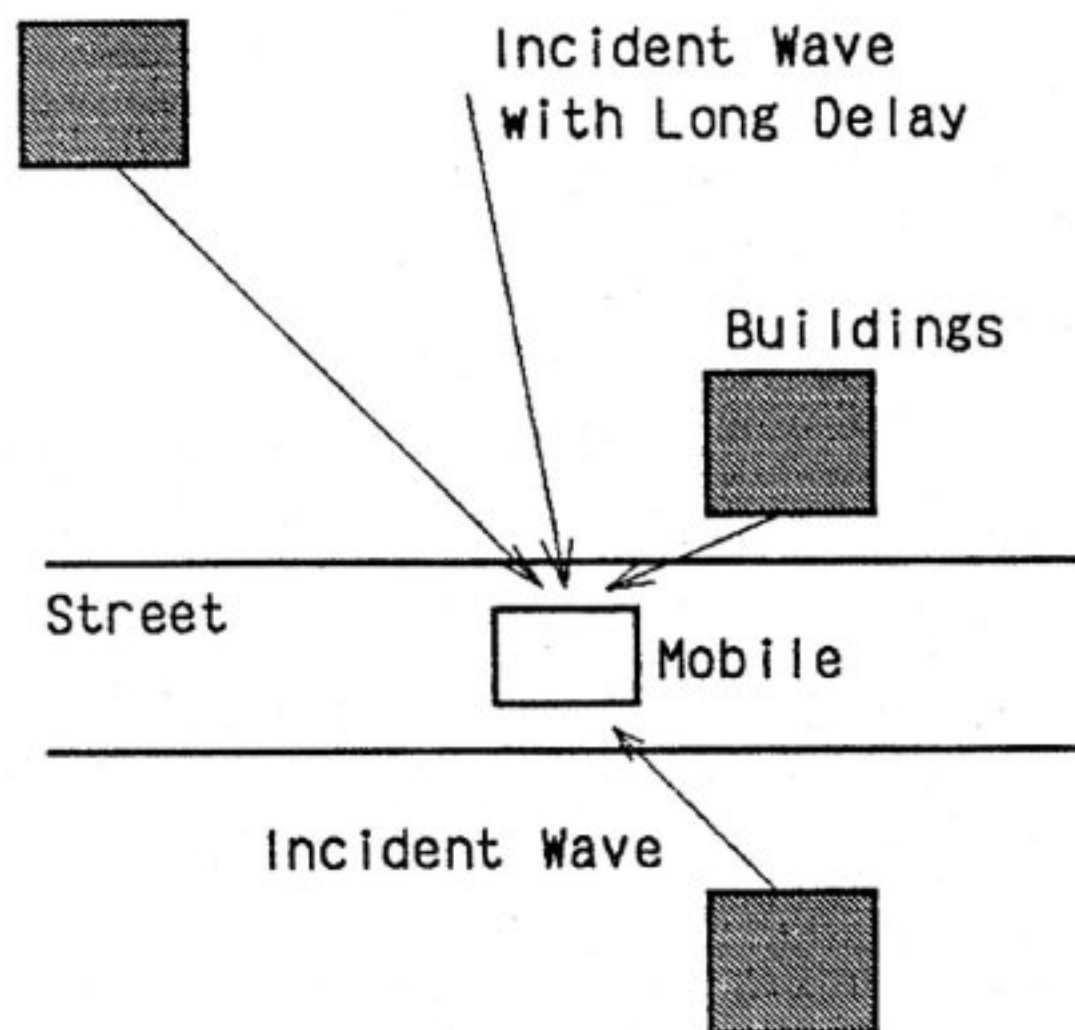
3.1.2 市街地における多重伝搬路特性

第6図に市街地での測定例として、(AREA 2)における遅延-ドップラースペクトル特性を示す。この測定地点は小金井街道沿い(本町三丁目付近)の低層住宅密集地である。付近にはJR 武蔵小金井駅(約600m後方)がある。道路幅は約10m、また、移動局から見た送信局の方向は道路に対してほぼ直角となる。

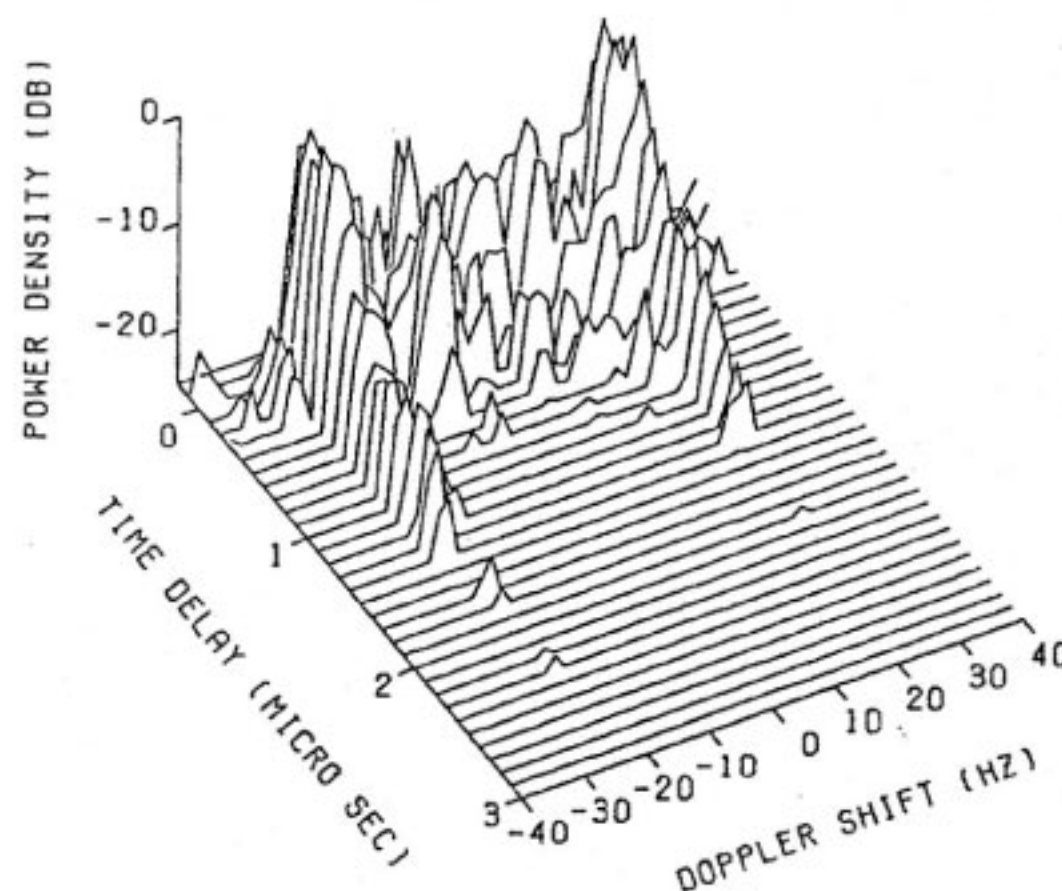
遅延-ドップラースペクトル特性は(AREA 1)での特性と異なり、遅延時間の極めて小さい範囲以外では、スペクトルが最大ドップラースhift(約 ± 30 Hz)付近に集中していることがわかる。このことは、ほとんどの多重波が移動局の前方あるいは後方から、すなわち、道路に沿って到来していることを示す。例えば、遅延時間1.4~2.3 μsec に見られる遅延波群の反射源の位置は、1回反射を仮定すると移動局の後方約350~600mの道路に面した地点であると推定される。これらは、武蔵小金井駅前から約250mまでの中層ビル群(10階程度)の位置と一致していることから、市街地では道路沿いの建物が多重波の発生原因となっていることがわかる。

このような道路沿い伝搬の顕著な例として、第7図に(AREA 3)での遅延-ドップラースペクトル特性を示す。(AREA 3)は小金井街道(幅約10m)と東八道路(幅約30m)との交差点である。2つの道路はほぼ45度に交差しており、特に東八道路沿いの見通しがよい。住宅の密度は(AREA 2)に比べて低い、道路沿いには中層集合住宅も見られる地域である⁽¹⁴⁾。

第7図を見るとドップラースhift約19 Hz、遅延時間約1.0~2.9 μsec に多くの遅延波が存在している。このドップラースhiftを角度に変換すると約45度となり、これらの遅延波が東八道路沿いに前方から伝搬してきたことを示す。一方、遅延時間約0.0~1.0 μsec の遅延波の多くは最大ドップラースhift付近(約 ± 30 Hz)に見られ、小金井街道沿いの前方及び後方から伝搬してき



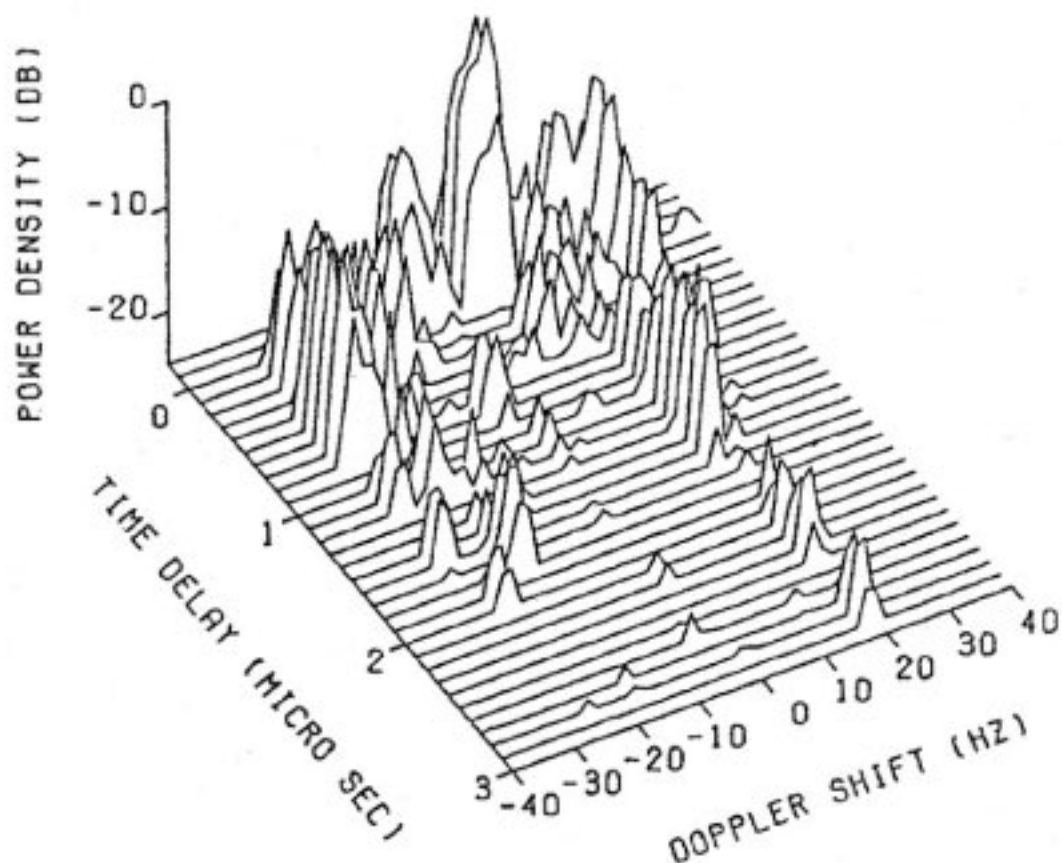
第5図 郊外地における多重波の発生構造モデル



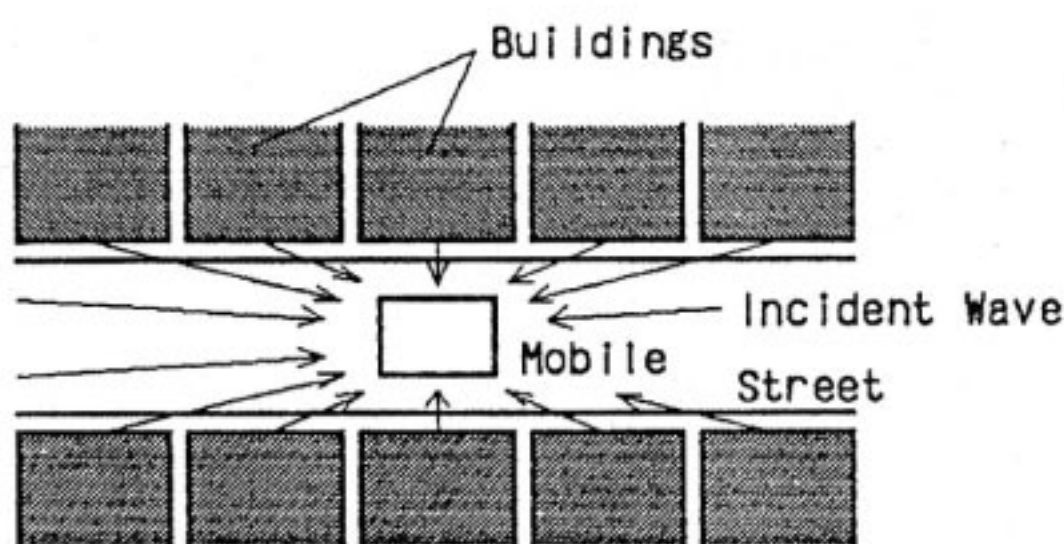
第6図 市街地(住宅密集地)における遅延-ドップラースペクトル特性の一例

たことがわかる。すなわち、(AREA 3)における多重波のほとんどは、(AREA 2)と同様に道路沿いの反射物体によるものと考えられる。しかも、小金井街道と比較して見通しのよい(道路幅の広い)東八道路では、より遅延時間の大きい到来波が発生しやすい構造を有している。

以上の2つの地域の測定結果から明らかなように、市街地における多重波の発生源は、ほとんどが道路沿いに存在している。市街地は郊外地と比較して建物の密集度が高く、また、高層の建物が多い。そのため、見通しがよい道路沿いの建物のみが、遅延波を発生させることが可能となる(第8図参照)。更に、道路幅が広いほど見通しがよいため遅延時間の大きい遅延波が到来しやすい



第7図 市街地（交差点付近）における遅延-ドップラースペクトル特性の一例



第8図 市街地における多重波の発生構造モデル

という特徴を有する。

このように市街地多重伝搬路では、遅延時間の小さい近傍の散乱波以外は、その到来方向が移動局の前方及び後方に限定される。すなわち、限られた方向から種々の遅延時間を持つ複数の遅延波が到来することになる。

3.2 遅延時間を固定した場合の振幅分布

前節で明らかとなったように、同一遅延時間の遅延波は複数の到来波の合成であるため、移動局の走行に伴い振幅及び位相の変動が生ずる。そこで、測定地点として (AREA 1) を例にとり、遅延時間を固定した場合の振幅変動の累積確率分布を調べた。その結果を第9図に示す。

ここでは、各遅延波の遅延時間の変化による影響を排除するため、2.3で述べたように WSSUS となる条件を満足する範囲において、すなわち、64サンプルのデータで処理を行った。

図の縦軸は累積確率を、横軸は50%値で規格化した振幅値を表す。また、図中の実線はレイリー分布、破線及び一点鎖線は仲上-ライス分布を表す理論曲線である。仲上-ライス分布は鏡面反射成分とレイリー成分との比

(S/R) が大きいほど分布の傾斜が急になる。図中の破線は $S/R=5$ dB、一点鎖線は $S/R=10$ dB に対応している。

第9(a)図は遅延時間 $0.0 \mu\text{sec}$ における振幅値の累積確率分布である。このときの遅延-ドップラースペクトル特性は第4図で見られるように、複数の到来波が受信局の周囲から入射した形となっている。測定された振幅分布は累積確率が10%以上の点ではほぼレイリー分布に一致した。これは、多数の到来波間の干渉によるものと考えられる。累積確率が10%以下の点においてはレイリー分布より大きな変動幅を示しているが、この原因としては(1)実際にレイリーフェージングより厳しいフェージングであること、あるいは、(2)データ数が少ないことから誤差が生じたこと等が考えられる。しかし、今回の測定では原因を明確にすることはできなかった。

第9(b)図は遅延時間 $1.1 \mu\text{sec}$ における振幅分布である。変動幅は第9(a)図に比べてやや小さく、仲上-ライス分布と仮定すると $S/R=7\sim 8$ dB 程度であった。このときの遅延-ドップラースペクトル特性は第4図に示すように、ドップラースhift 10 Hz 付近に強い遅延波が1波存在している。このため、振幅の分布はレイリー成分に強い鏡面反射成分が加わった仲上-ライス分布となったと考えられる。

更に遅延時間が大きい遅延時間 $3.0 \mu\text{sec}$ における振幅分布を第9(c)図に示す。累積分布は第9(b)図の場合とほとんど変わらず、 $S/R=7\sim 8$ dB 程度の仲上-ライス分布とほぼ等しくなった。

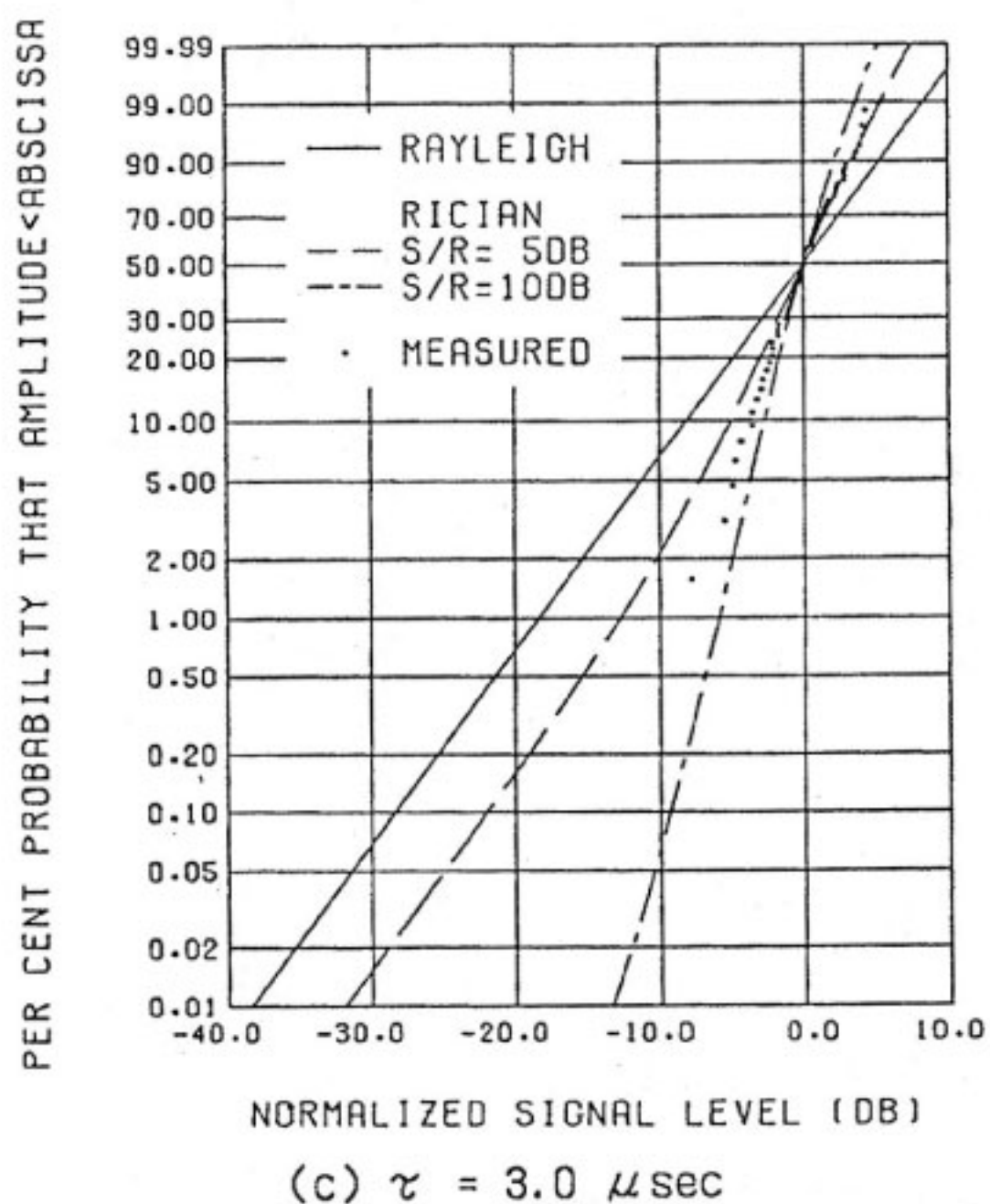
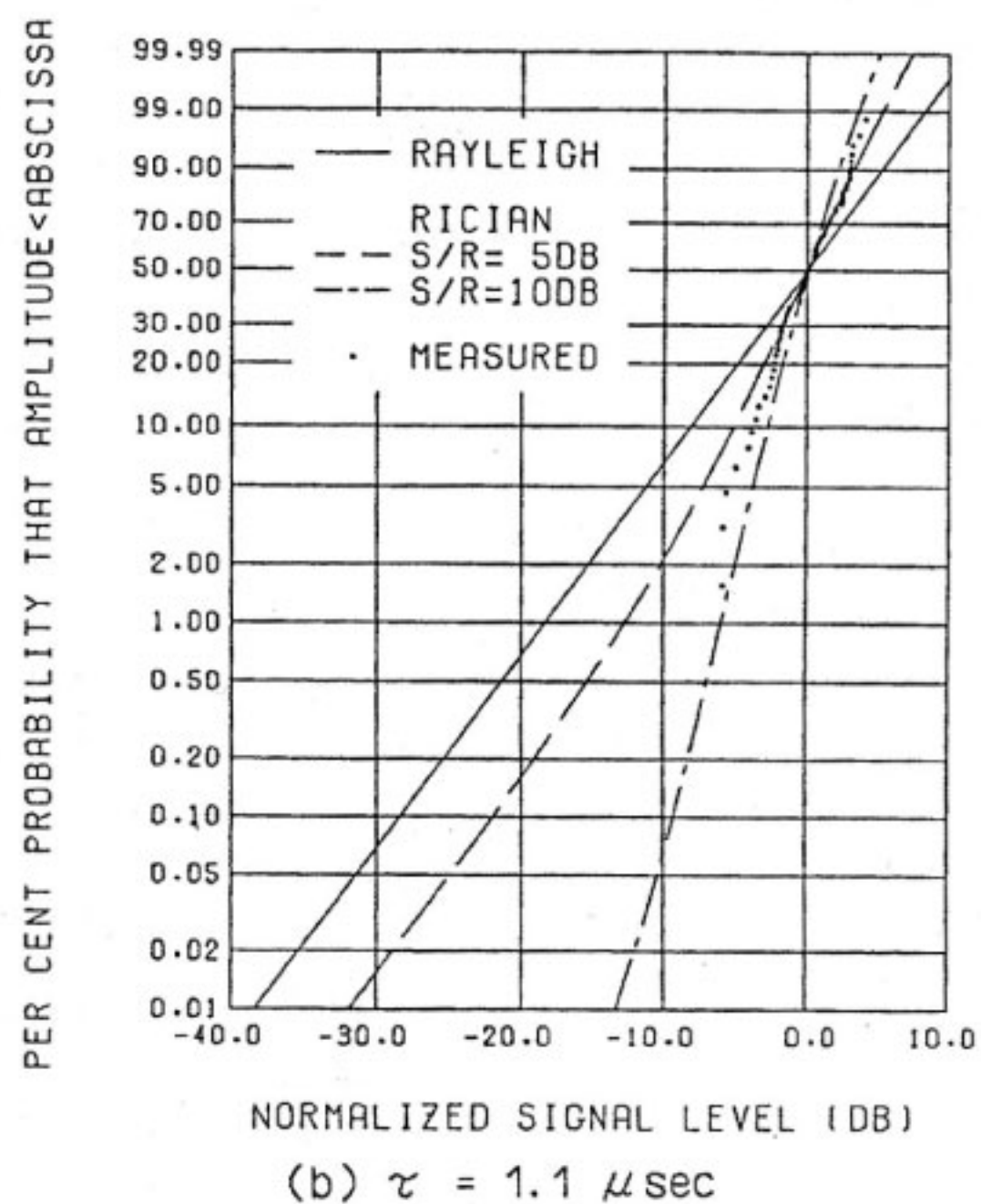
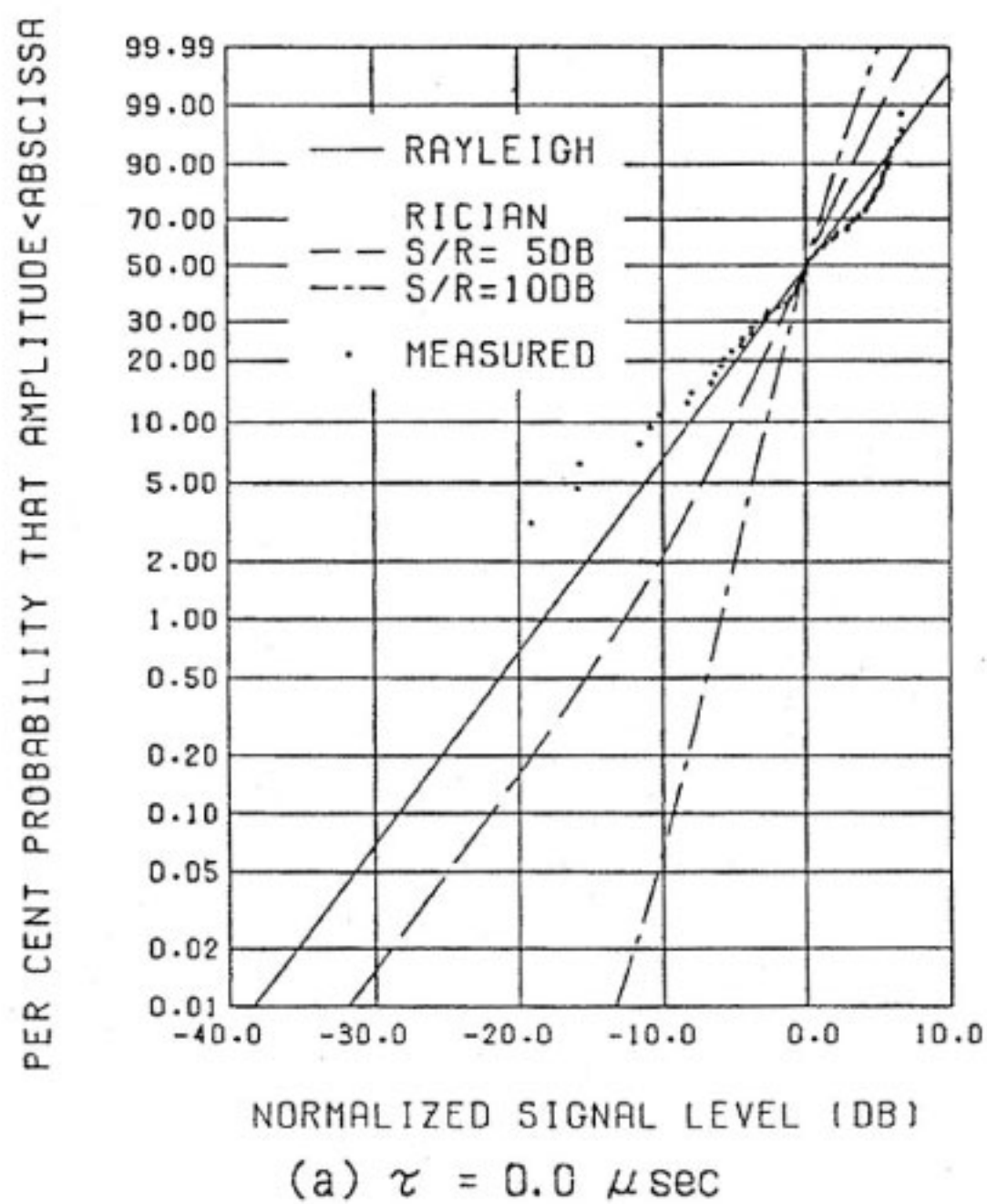
なお、他の地域における測定結果でも、遅延時間の増加とともに、振幅変動がレイリー分布からより変動の少ない仲上-ライス分布へと変化していく傾向が見られた。

3.3 各地域における最大遅延時間

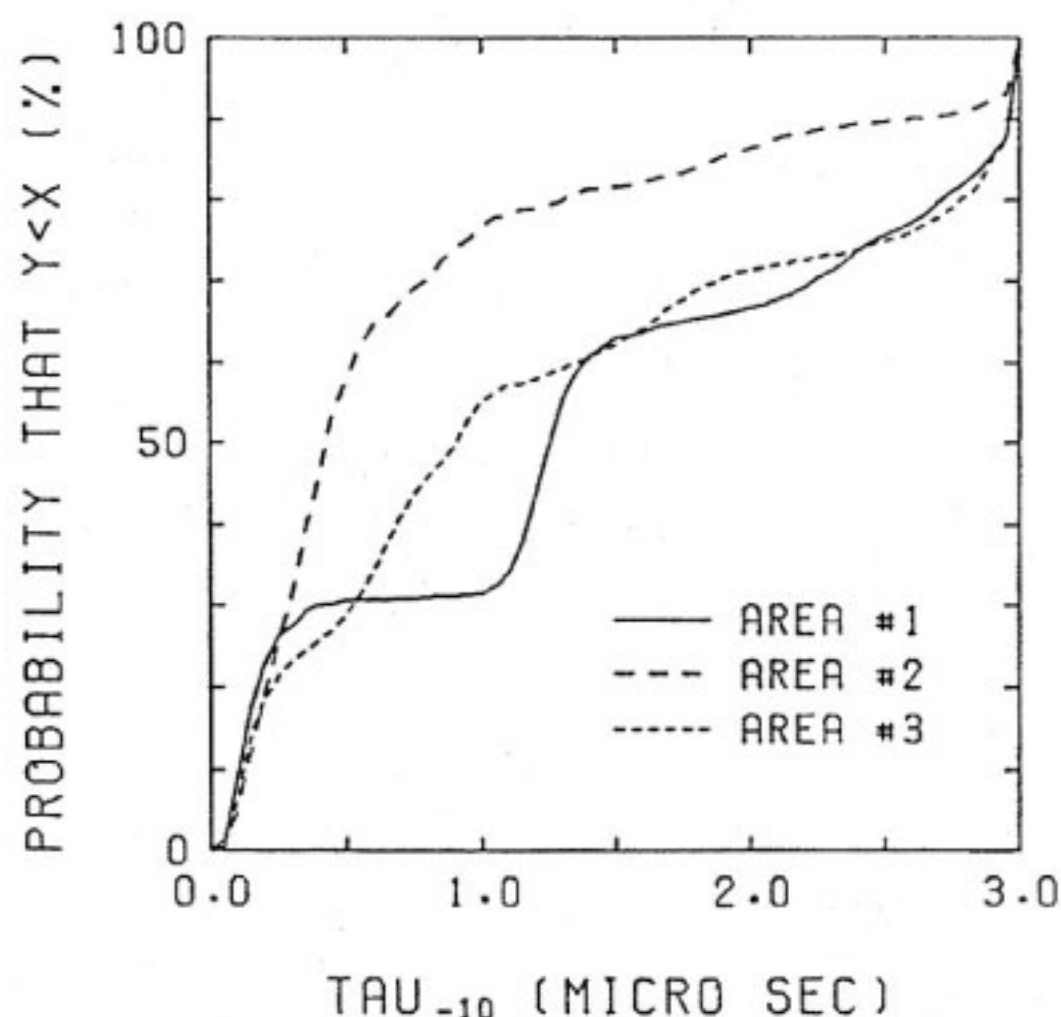
従来、遅延プロファイルの評価基準としては、平均遅延時間や Delay Spread 等が一般的に用いられている。しかし、選択性フェージング対策として適応等化器等を用いる場合、多重波の最大遅延時間をどの程度まで考慮すべきかが問題となる。本節では市街地及び郊外地における最大遅延時間の累積分布特性について検討を行った。

最大遅延時間の定義は種々考えられる。ここでは各サンプルにおいて最初に到達したピーク（相対遅延時間 $0 \mu\text{sec}$ ）を基準として、電力レベル -10 dB 以上の遅延波が存在する最大遅延時間を、その遅延プロファイルにおける最大遅延時間 (τ_{-10}) と仮定した。

第10図に最大遅延時間の累積分布特性を示す。横軸は最大遅延時間を、縦軸は最大遅延時間が横軸の値以下となる累積確率を表す。すなわち、累積分布曲線が下にある程、遅延時間の大きい到来波が多く存在することに対



第9図 遅延時間を固定した場合における受信波の振幅変動の累積確率分布



第10図 最大遅延時間 (τ_{10}) の累積確率分布

応する。なお、解析を行った区間は各測定地点を含む150 m の区間 (約1400サンプル) である。図中の実線、破線、点線はそれぞれ各測定地点での累積確率分布である。ただし、本測定で観測可能な相対遅延時間は最大 $3 \mu\text{sec}$ となっているため、最大遅延時間 $3 \mu\text{sec}$ において累積確率も100 %となる。

各測定地点における累積分布特性を比較すると、建物の密度の高い市街地である (AREA 2) に比べて、道路幅の広い市街地の (AREA 3) や郊外地である (AREA 1) では曲線がより下に分布している。これは、見通しのよい地域ほど遅延時間の大きな到来波が存在しやすいことを示している。

また、累積分布曲線の形状を見ると、市街地の2つの測定地点 (AREA 2) 及び (AREA 3) を含む区間ではほぼ指数的に累積確率が増加するような分布となった。一方、郊外地の測定例である (AREA 1) を含む区間では最大遅延時間が $1.0 \sim 1.5 \mu\text{sec}$ にかけて傾斜が急激に変化しており、この付近に強い遅延波が多数発生していることを示している。

3.1で述べたように、市街地の場合、多重波の発生源はそのほとんどが道路沿いの規則的に配置された建物群によるものと考えられる。従って、反射物体はほぼ均等に存在し、十分広い区間での最大遅延時間の累積確率も一様に指数減衰する分布を描く。しかし、郊外地の場合は、孤立した反射物体によってある特定の遅延波が到来する。このため、最大遅延時間の累積分布が不連続な分布を形成すると考えられる。

4. む す び

市街地及び郊外地が混在する東京都小金井市付近の地域において、スペクトル拡散方式の送受信機により複素遅延プロファイルを測定した。本論文では選択性フェージング対策技術の検討に有効となるよう、多重波の到来方向と遅延時間の分布や最大遅延時間の累積分布等のダイナミックな特性を用いて、市街地と郊外地における多重伝搬路の諸特性について検討を行った。

その結果、遅延-ドップラースペクトル特性が周囲の地形地物とよく対応しているとともに、市街地と郊外地とでは多重波の発生構造に以下のような差異があることがわかった。まず、市街地では見通しが道路沿いに限定されるため、道路沿いの建物を反射物体とする遅延波が主体となって多重伝搬路を構成しているという特徴が見られた。一方、郊外地では広い範囲に渡って見通しがよい場合が多く、孤立した建物による強い遅延波が発生しやすいため、郊外地における多重波の到来方向は道路沿いに限定されず、建物の位置に対する依存性が強かった。

遅延時間を固定し受信波の振幅変動分布を調べた結果では、遅延時間の小さい範囲においてはレイリー分布、また、遅延時間が大きくなるに従い変動の少ない仲上-ライス分布となった。

各測定地点における最大遅延時間の累積分布特性を比較すると、市街地に比べ建物が疎らな郊外地で、また、市街地では道路幅の広い地域で遅延時間の大きな到来波が存在しやすいことがわかった。また、累積確率分布の形状は郊外地では不規則な分布となるのに対し、市街地では指数的に減衰する分布となった。

今後の検討課題としては、遅延時間の測定限界値の延長及び遅延プロファイルのサンプリング間隔の縮小化等、より厳密かつ詳細な解析の必要性がある。また、東京中心部等の大都市地域における測定等、解析地域の拡大も考えられる。

謝 辞

御指導、御討論頂いた横山総合通信部長、(元)五十嵐通信技術部長に感謝いたします。

また、実験に御協力頂いた猿渡関東支所長、通信系研究室の諸氏、並びに、警察庁の安東教授に感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) Bernard J. T. Mallinder, "An Overview of The GSM System," DMR-III, 3.1, Sep. 1988.
- (2) D. C. Cox, "910 MHz Urban Mobile Radio

- Propagation: Multipath Characteristics in New York City", IEEE Trans. Veh. Technol., **VT-22**, pp. 104-110, Nov. 1971.
- (3) D. C. Cox and R. P. Leck, "Correlation Bandwidth and Delay Spread Multipath Propagation Statistics for 910 MHz Urban Mobile Radio Channels", IEEE Trans. Commun., **CS-23**, pp.1271-1280, Nov. 1975.
- (4) 尾林, 竹内, 池上, 吉田, "京都市内における周波数相関測定結果", 信学技報, **A-P86-135**, pp.51-55, 1987年1月.
- (5) 大森, 大黒, 山田, 薄井, "920 MHz 帯におけるスプレッドスペクトラム方式を利用したマルチパス測定装置の現場試験結果", 信学技報, **A-P80-124**, pp.13-18, 1981年2月.
- (6) 藤本, 竹内, 園田, 池上, 吉田, "DSK 送信波による Delay Profile 測定装置の試作", 信学技報, **A-P87-79**, pp.33-40, 1987年10月.
- (7) 水野, 猿渡, 守山, 岩間, 柳光, 関澤, "市街地及び山岳地域における陸上移動遅延プロファイルの測定", 信学技報, **A-P87-77**, pp.19-24, 1987年10月.
- (8) 中嶋, 三瓶, "判定帰還型等化器による陸上移動通信の周波数選択性フェージング補償特性", 信学論(B-II), **J72-B-II**, 10, pp.515-523, 1989年10月.
- (9) 大鐘武雄, "V-2 陸上移動通信における CMA アダプティブアレーの選択性フェージング補償特性", 通信総研季, 37, 1, pp. - , 1991年2月.
- (10) J. D. Parsons and A. S. Bajwa, "Wide-band Characterisation of Fading Mobile Radio Channels", IEE Proc. F, **Vol.129**, Pt. F, 2, pp.102-109, Apr. 1982.
- (11) A. S. Bajwa and J. D. Parsons, "Small-area Characterisation of UHF Urban and Suburban Mobile Radio Propagation", IEE Proc. F, **Vol.129**, Pt. F, 2, pp. 95-101, Apr. 1982.
- (12) 坂上修二, "移動通信伝搬路における 900 MHz 帯多重波伝搬特性—振幅—周波数特性と到来角—", 信学論(B), **J70-B**, 12, pp.1522-1528, 1987年12月.
- (13) 藤本, 竹内, 菊間, 池上, 吉田, "指向性アンテナを用いた Delay Profile 測定", 信学技報, **IT87-100**, pp.61-66, 1988年1月.
- (14) 大鐘, 笹岡, 三瓶, 神尾, 水野, "陸上移動広帯域通信における市街地多重伝搬路の諸特性", 信学技報, **CS87-31**, pp.47-54, 1987年6月.

////////////////////////////////////