

広帯域移動体通信における移動端末位置検出の推定精度

表 英毅 太田 喜元 三上 学 藤井 輝也

日本テレコム株式会社 研究所ワイヤレスシステム部
〒105-7316 東京都港区東新橋一丁目9番1号
TEL:050-2019-3430
E-mail:hideki.omote@japan-telecom.co.jp

あらまし 移動通信において新サービスを創生させ得る有望な技術として、移動体システム内で閉じて利用できる高精度な移動端末の位置検出技術がある。本稿では、高精度に移動端末の位置を推定するためには、先頭パスを分離してその到来方向を求める必要があることを郊外地における基礎実験で明らかにする。続いて、先頭パス群から先頭パスを分離して移動端末の方向を推定する高精度移動端末方向推定法を提案する。そして、市街地と郊外地における測定実験を基に提案法の推定精度を評価する。

キーワード / 位置検出 / 到来方向推定 / MUSIC / 伝搬遅延プロファイル /

A Study on Location Measurement Method of a Mobile Station with High accuracy in wide-band mobile communication

Hideki OMOTE Yoshichika OHTA Manabu MIKAMI Teruya FUJII

Japan telecom co.,Ltd.
9-1 Higashi-Shinbashi 1Chome Minato-ku,Tokyo,105-7316 Japan
TEL:+81-50-2019-3430
E-mail:hideki.omote@japan-telecom.co.jp

Abstract In mobile communications, a location measurement method of mobile station with high accuracy is expected to provide new services. In this paper, we clarify that detecting the first path that estimate the direction of mobile station accurately is necessary from the result of basic measurement data. And, we propose a method which can separate the first path from first path group to estimate the direction of mobile station. We estimate the accuracy of the propose method by using field measured data.

key words / position detection/arrival detection/MUSIC/delay profile

1. まえがき

移動端末の高精度位置検出技術は、移動通信に新サービスを創生させ得る新たな技術として大きな期待が寄せられている。例えば、PHS(Personal Handy-phone System)、PDC(Personal Digital Cellular)方式では基地局単位(又はセル単位)での位置検出サービスを提供している。しかし、この方法では基地局の設置密度にその精度が依存し、例えばセル半径が1kmであれば推定精度は1kmとなり、大まかな位置検出しかできない。そこで、GPS(Global Positioning System)受信機を移動端末に内蔵したサービスが提供されている。GPS単独の推定精度は100m程度であるが、D-GPS(Differential GPS)技術を用いれば数10m以下の推定精度を実現できる[1]。しかしながらGPS受信機を用いた方法では人工衛星である

GPS衛星を直接見通し内で受信する必要があり、ポケット内に端末を携帯した場合や、屋内や車内等で使用した場合にはGPS衛星を直接受信できないことから、位置検出はできない。そのためGPSを用いないで移動体システム内で閉じて利用できる高精度な位置検出方法が求められている。

一般に、位置検出の基本は3点測量にある。すなわち、その位置が既知である異なる3つ以上の基地局から移動端末までの距離を測定すれば、移動端末の位置を推定できる(TOA: Time of Arrival)。また、その位置が既知である異なる3つの基地局から移動局の方向(角度)を測定すれば、移動端末の位置は測定できる(AOA: Angle of Arrival)。更に、1つの基地局から移動端末までの距離とその方向を同時に測定すれ

ば、移動端末の位置を推定できる(極座標測定)。

著者らはDS-CDMA方式およびMC-CDMA方式を対象として、移動端末から到来する電波の先頭波と遅延波を分離して、先頭波に対してアレーアンテナを利用したMUSIC法を適用した場合の移動端末の角度方向を推定する方法を提案した[2]-[3]。本稿では、まず提案法の推定精度を実測により評価するための基礎実験を、構成が最も単純な孤立ビルの背後に移動局が位置する場合について実施した。その結果、移動端末の方向を高精度に推定するためには、伝搬遅延プロファイルの先頭パスを正確に検出することが必要であることを明らかにする[4]。続いて、先頭パス群に含まれる先頭パスを正確に特定し、移動端末の方向を推定する方法を提案する。そして、提案法の推定精度を市街地と郊外地での測定結果から評価する[5]-[6]。

2. 基礎検討

2.1 基礎検討の目的

まず、構成が最も単純な孤立ビルの背後に移動局が位置する場合について基礎実験を行った。孤立ビルの背後から到来する電波の方向はレイトレース法により比較的簡単に求まることから、それを真として測定結果と比較することで到来角度の推定精度を評価した。

2.2 伝搬測定

測定は典型的な郊外地と考えられる千葉県印西市千葉ニュータウンの道路で行った。測定諸元を表1に示す。送信アンテナを電測車(移動局)に搭載して電波を送信し、ビルの屋上に設置した16素子のリニアアレーアンテナで受信し

表1 測定諸元

測定箇所	郊外地 (千葉ニュータウン)	
周波数	3.35GHz	
チップレート (遅延分解能)	50Mcps/25Mcps (約5m/約12m)	
送信電力	10W	
移動局	送信アンテナ	コリニアアンテナ 5.3dBd 水平面内無指向性
	送信アンテナ高	約5m
基地局	受信アンテナ	16素子リニアアレーアンテナ (コリニアアンテナ 5.3dBd) 水平面内無指向性 素子間隔/2入
	受信アンテナ高	約50m

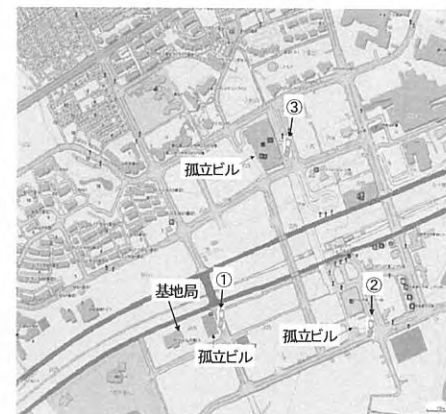


図1 測定エリア

た。移動局アンテナ高は3m、基地局アンテナ高は約50mである。基地局から見て、移動局が孤立ビルの背後(見通し外)にある状態で測定を行った。基地局を設置したビルと移動局を背後に置く孤立ビルの間には、反射や回折の原因となる障害物が存在しない自由空間に近い環境である。送受信間距離が150m~1000mの間にある3つの孤立ビルを選定し、測定を行った。図1に、測定エリア全体の地図を示す。図中の①~③は測定ポイントを表し、その直前に孤立ビルが存在している。

送信周波数は3.35GHz、チップレート R_c は50Mchips/s(距離分解能:5m)、25Mchips/s(同:12m)の2種類とした。遅延プロファイルは1測定点につき約1cm毎に2m(約20波長)を取得した。

なお、基地局-移動局間距離と基地局から見た移動局の方向は、電測車(移動局)にD-GPS(距離誤差2m以内)を搭載して計測した。以下ではこの値を真として測定の解析を行う。

取得した遅延プロファイルを、瞬時変動を除去するために平均化し、平均遅延プロファイル(以下、伝搬遅延プロファイルとする)を求めた。移動局の方向は、遅延時間が最小である先頭パスの方向に最も近いことが経験的に知られている。このことを考慮して、伝搬遅延プロファイルの中から先頭パス群を識別し、その先頭パス群に対してMUSIC法を適用して到来方向を推定する[2]-[3]。基礎検討で使用した測定データは、郊外地における孤立ビルの背後から送信された電波を対象にしているため先頭パス群の識別は容易である。

到来方向を求めるMUSIC法には、相互相関を除去するために常時空間平均法(F/B法)を適用し、アンテナ素子数 $K:16$ に対してサブアレーの本数 M を14とした。

2.3 測定結果

図2に、本測定エリアにおける伝搬遅延プロファイルの一例を示す。図2より、先頭波群が明確であり比較的容易に先頭バス群を特定できることが分かる。

図3(a) - (d)に、測定ポイント①の基地局から見た鳥瞰図、地図、チップレートが50Mchips/sの場合の先頭バス群周辺の伝搬遅延プロファイル、先頭バス群のピークに対するMUSICスペクトラムを示す。測定系の損失を考慮した自由空間伝搬カーブを図3(c)にあわせて示している。孤立ビルの高さは約20m、基地局から見た移動局の方向は-8.4度である。先頭バス群のピーク(伝搬距離157m)の方向は-8.3度の方向であり、ビルの屋上エッジで回折して到来した波であることが分かる。

図4(a) - (d)に、測定ポイント②の基地局から見た鳥瞰図、地図、チップレートが50Mchips/sの場合の先頭バス群周辺の伝搬遅延プロファイル、先頭バス群のピークに対するMUSICスペクトラムを示す。孤立ビルの高さは約45m、基地局から見た移動局の方向は7.35度であり、ビルの側壁の方向はそれぞれ6.4度と10.0度である。先頭バス群のピーク(伝搬距離666m)の方向は6.4度の側壁の方向である。孤立ビルが高いため、ビルの屋上エッジで回折する電波は到来していない。また、図5(a)にポイント②における25Mchips/sの場合の先頭バス群周辺の伝搬遅延プロファイルを示す。図4(c)と図5(a)を比較すると、25Mchips/sの場合は距離分解能が低いため、50Mchips/sの時に検知していた先頭バス群(666m)のピークを検出できないことが分かる。図5(b)に、25Mchips/sの場合の先頭バス群の単純なピーク(705m)と、伝搬距離666m(50Mchips/sにおける先頭波群のピーク)におけるMUSICスペクトラムを示す。伝搬遅延プロファイルは鋭いピークを

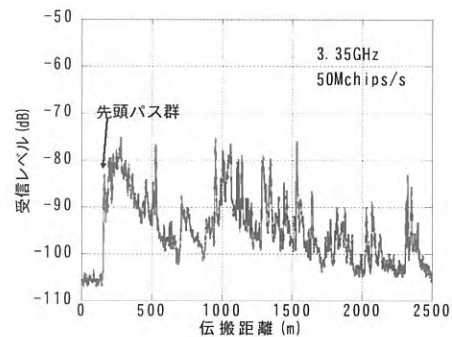
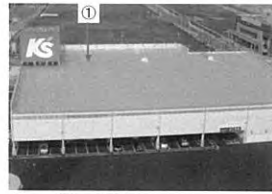


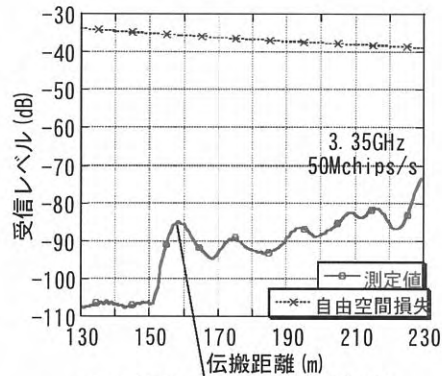
図2 伝搬遅延プロファイル



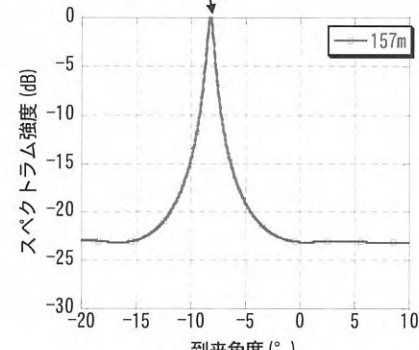
(a) 鳥瞰図



(b) 地図



(c) 伝搬遅延プロファイル(先頭波群周辺)

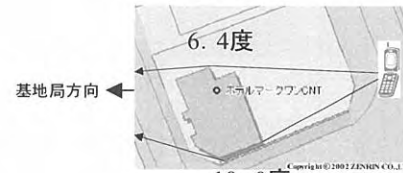


(d) MUSIC スペクトラム

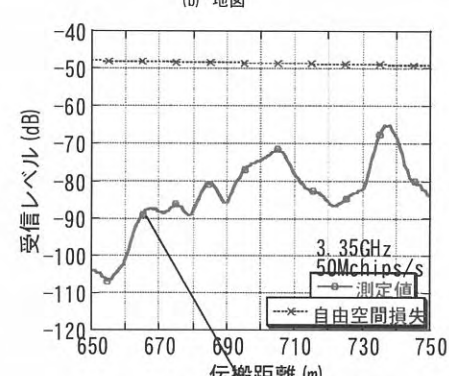
図3 測定ポイント①



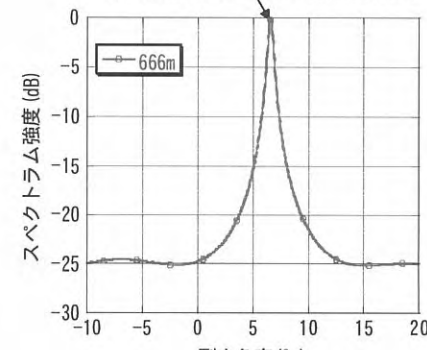
(a) 鳥瞰図



(b) 地図



(c) 伝搬遅延プロファイル(先頭波群周辺)

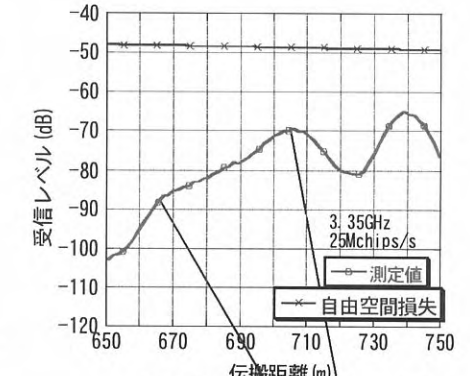


(d) MUSIC スペクトラム

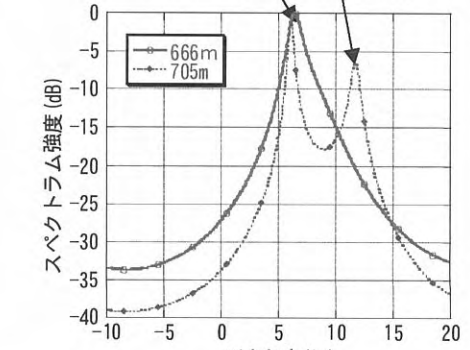
図4 測定ポイント②(50Mchips/s)

もたないため単純なピーク検出では先頭バスを見誤っている。検出したピーク(705m)では、孤立ビルの方後に存在するビルでの反射波の到来方向が複数検出されている。一方、伝搬距離666mでは50Mchips/sの場合と同様に6.4度の外壁の方向のみが検出されている。すなわち、25Mchips/sの場合、50Mchips/sで分離できたバスが分離できなくなり、その結果複数のバスが検出されている。

図6(a) - (d)に測定ポイント③の基地局から見た鳥瞰図、地図、50Mchips/sの場合の先頭バス群周辺の伝搬遅延プロファイル、MUSICスペクトラムを示す。ビルの高さは約20m、基地局から見た移動局の方向は17.7度であり、側壁の方向は20.2度である。また、側壁の脇に電柱が存在していて、その方向が21.8度である。先頭バス群の単純なピーク(伝搬距離723m)は、電柱で反射して到来する電波の方向(21.8度)を示している。ポイント②の25Mchips/sの場合(図5)のように、複数の波が先頭バス群の中に含まれている可能性を考慮して、



(a) 伝搬遅延プロファイル(先頭波群周辺)



(b) MUSIC スペクトラム

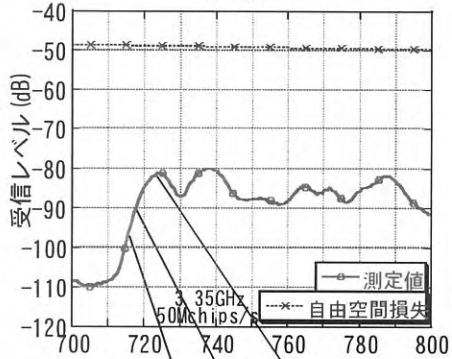
図5 測定ポイント②(25Mchips/s)



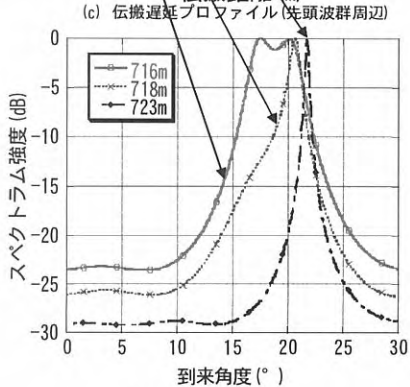
(a) 鳥瞰図



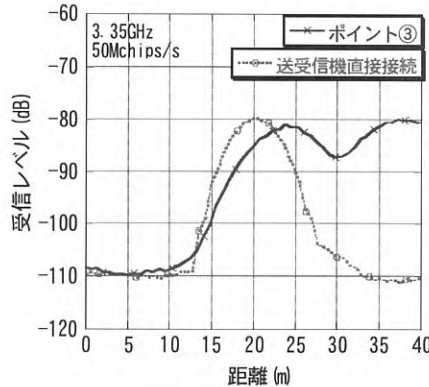
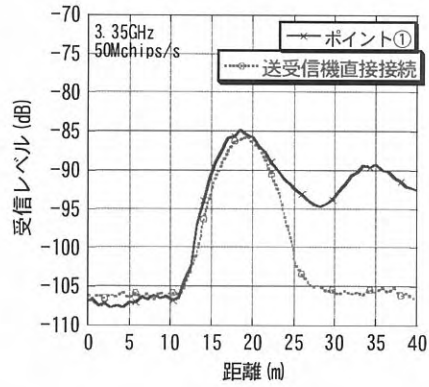
(b) 地図



(c) 伝搬遅延プロファイル(先頭波群周辺)



(d) MUSICスペクトラム
図6 測定ポイント③



(b) ポイント③(複数の伝搬距離軸上の広がり

伝搬距離 716m と伝搬距離 718m における MUSIC スペクトラムを図 6 (d) にあわせて示す。718m における MUSIC スペクトラムには側壁での回折波 (20.2 度) が、716m における MUSIC スペクトラムには側壁回折波 (20.2 度) と屋上エッジでの回折波 (17.7 度) が検出されている。従って、単純なピーク (723m) では検出されなかった屋上エッジでの回折波、側壁回折波も実際に到来していることが分かる。

2.4 考察

基礎実験の結果から、電波はレイトレス法で求まる方向から実際に到来していることを確認した。ここでは、先頭バス群に含まれる先頭バスについて考察する。図 7 (a)、(b) は、ポイント①(先頭バスのみが含まれる: 図 4) の先頭バス群の伝搬遅延プロファイルとポイント③(複数のバスが含まれる:

図 6) の先頭バス群の伝搬遅延プロファイルを示す。また、あわせて両図に送受信機を直接接続して(帯域制限された場合のインパルス応答に相当)、1波のみが到来する場合の伝搬遅延プロファイルをあわせて示す。図より、1波が到来する場合(ポイント①: 図 3) は先頭バス群の伝搬距離上の広がり送受信機を直接接続した場合と同等であるが、複数の波が含まれている場合は(ポイント③: 図 6)、伝搬距離軸上で広がることが分かる。図 5、図 6 より明らかなように、先頭バス群にバス分離できない複数のバスが含まれている場合、単純なピークに対して MUSIC 法により方向推定を行っても高精度に移動端末の方向を推定することはできない。高精度に到来方向を推定するためには、先頭バスを正確に分離してその方向を推定する必要がある。

3. 先頭バスを特定した移動端末方向推定法(提案法)

2章で明らかにしたように、高精度に移動端末の方向を推定するためには、先頭バスを分離し識別する必要がある。先頭バスを識別するために、まず (i) 先頭バス群の特定を行う。次に、(ii) 先頭バス群の中から先頭バスを識別する。本稿では、(i) の先頭バス群識別法、(ii) の先頭バス群内先頭バス識別法からなる 2 段階の先頭バス識別法を提案する [5] - [6]。

続いて、(ii) 特定した先頭バスの方向から移動端末の方向を推定する。

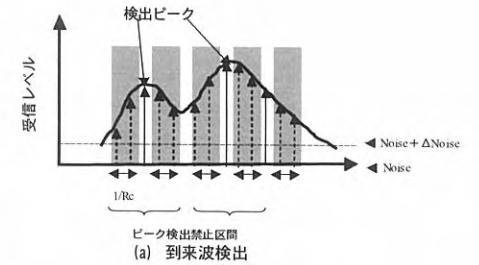
3.1. 先頭バス群識別法

基礎実験の場合と異なり、市街地などの伝搬環境が複雑なエリアでは、先頭バス群の識別は単純ではない。ここでは、先頭バス群識別法を検討する。

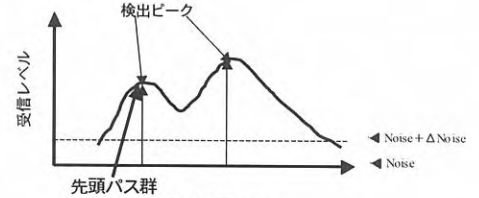
文献 [7] の方法に従い、到来波検出を行う。まず、ノイズレベル ΔNoise を決定する。次に、到来波検出のためのノイズしきい値 ΔNoise を設定し、 $\text{Noise} + \Delta \text{Noise}$ 以上の到来波を検出対象とする。具体的には、図 8 (a) に示すように平均遅延プロファイルから受信電力の最も高いピークを検出する。次に、その両端の 1 チップの領域をピーク検出禁止区間として除外し、次に受信電力の高いピークを検出する。このようにしてピーク検出とピーク検出禁止区間の設定を繰り返し行うことで $\text{Noise} + \Delta \text{Noise}$ より大きい全てのピークを検出する。そして、図 8 (b) に示すように、検出したピークの中で伝搬遅延距離が最小のピークを先頭バス群のピークとする。

3.2. 先頭バス群内先頭バス識別法(しきい値検出法)

時間(距離)分解能内に複数のバスが到来した場合には、各バスは分離できずにバス群として受信される。2章で明らかにしたように、先頭バス群に含まれる到来波が 1 波の場合は、送受信機を直結して得た受信波形(インパルス応答)と同じ波



(a) 到来波検出



(b) 先頭バス群識別
図 8 先頭バス群識別法

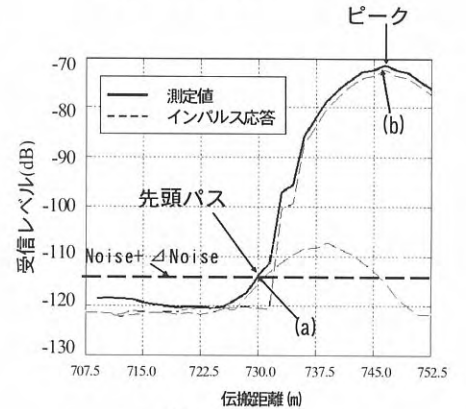
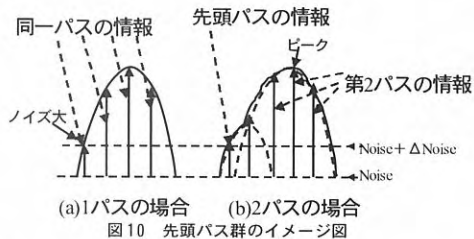


図 9 先頭バス群

形が得られる。しかし、複数のバスが到来していれば受信波形は 1 バスの場合と比べて広がる。図 9 に、先頭バス群の一例を示す。この先頭バス群に対し、1 波のみが到来するインパルス応答と重ね合わせると、同図の場合その波形は広がっており、点線で示すような 2 つの波が到来していると推測できる。このように、先頭バス群に複数の到来波が含まれている場合、単純なピークに対して到来方向推定を行っても、移動端末の方向を高精度に推定することはできない。そこで、高精度な推定を行うためには、複数の到来波が含まれる先頭バス群の中から、先頭バスに近い波を検出する必要がある。そこで先頭バスを検出する方法として、しきい値検出法を提



案する。
 図9から明らかなように、先頭バス(点線で示した小さいインパルス応答に相当する波)は、先頭バス群の中でも前方に位置している。しきい値検出法では、この先頭バスの波形を極力検出するように制御する。具体的にはNoise + ΔNoiseをしきい値として、先頭バス群の波形との交点を先頭バスの波形とする。

図10(a)、(b)は、先頭バス群に含まれるバスの数が1バスの場合と2バスの場合をそれぞれ示す。図10(a)に示すように到来波が1バスの場合、どの位置を選択しても得られる情報は同じバスのものである。すなわち、しきい値と交わる位置を先頭バスと決定しても、ノイズの影響は変わるが、実際の先頭バスの情報を得ることができる。一方、図10(b)に示すように2バスが到来する場合、先頭バスの情報を得るためには、第2バスの影響が少ない前方の情報を必要とする。しきい値検出法は、この原理に基づいている。

3.3 移動端末方向推定処理

3.2章で求めた先頭バスに対して、MUSIC法を用いて到来方向推定処理を行う[8]、[9]。相互相関を除去するために常時空間平均法(F/B法)を適用し、アンテナ素子数 $M=16$ 、12、8に対して、それぞれサブアレーの本数 $K=14$ 、10、6とした。

3章で特定した先頭バスの中に、伝搬遅延プロファイルの距離分解能では分離できない複数の到来波が含まれている場合、MUSICアルゴリズムの角度分解能によっては、複数のピークが表れる。一つのピークであれば、そのピークの方向を移動局方向と特定できるが、複数ある場合には何らかの方法により複数のピークに対応する角度から移動局方向を決定しなければならぬ。図5(b)のように、複数の波が一定角度範囲内 $\Delta\theta_d$ の中に存在した場合、移動局の方向はその間に位置していると考えられる。そこで、次に示す受信電力重み付け平均化法を用いて複数のピークに対応する角度から移動局方向を推定する。

受信電力重み付け平均化法は、一定の角度範囲 $\Delta\theta_d$ にある複数の到来方向を、それぞれの受信電力で重み付けを行って平均化する。今、 $\Delta\theta_d$ 範囲内に存在するバス数を M 、各バ

スの到来方向及び受信電力をそれぞれ θ_i 、 s_i ($i=1, 2, \dots, M$) とおくと、移動局の方向 θ は次式で与える[5]–[6]。

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^M s_i \times \theta_i}{\sum_{i=1}^M s_i} \quad (1)$$

また、 $\Delta\theta_d$ 範囲外に、複数の到来バスが検出された場合は、各到来バスの受信電力を計算して、受信電力が最大のバスの方向を移動端末の方向とする。尚、本稿では一例として $\Delta\theta_d=3^\circ$ としている[6]。

4 市街地と郊外地における測定結果

本章では、建物構造が複雑な郊外地と市街地において実験を行い、提案法の推定精度を明らかにする。

4.1 伝搬測定

測定は郊外地として千葉県印西市千葉ニュータウンと、市街地として東京都千代田区の道路上の複数のポイントで行った。測定諸元を表2に示す。基本的な測定法は2.2章と同様であるが、ここでは、チップレート R_c は50Mchips/s(距離分解能:6m)、ビルの屋上に設置したリニアアレイアンテナの素子数は、郊外地では最大12素子、市街地では最大16素子とした。図11に、郊外地における測定エリアの鳥瞰図を、図12に市街地における測定エリアの鳥瞰図をそれぞれ示す。

4.2 測定結果

先頭バス識別提案法(以下提案法とする)を用いた移動端末方向の推定精度をアンテナ素子数、アンテナ素子間隔をパラメータとして評価する。また、参考として先頭バス群のピークに対して移動端末方向推定を行った場合(以下従来法とする)

表2 測定諸元

測定場所	郊外地 (千葉ニュータウン)	市街地 (東京都千代田区)
周波数	3.5GHz	3.5GHz
チップレート (送信機側)	50Mchips/s	50Mchips/s
オーバーサンプ リング	8倍	8倍
送信電力	10W	10W
移動局 送信アンテナ	コリニアアンテナ5.3dBd 水平面内無指向性	コリニアアンテナ5.3dBd 水平面内無指向性
送信アンテナ 高	3m	3m
基地局 送信アンテナ	12素子リニアアレイアンテナ (各素子:コリニアアンテナ5.3dBd 水平面内無指向性 素子間隔:半波長)	16素子リニアアレイアンテナ (各素子:コリニアアンテナ5.3dBd 水平面内無指向性 素子間隔:半波長)
受信アンテナ 高	50m	105m



図11 郊外地(千葉ニュータウン)における測定エリア鳥瞰図



図12 市街地(千代田区)における測定エリア鳥瞰図

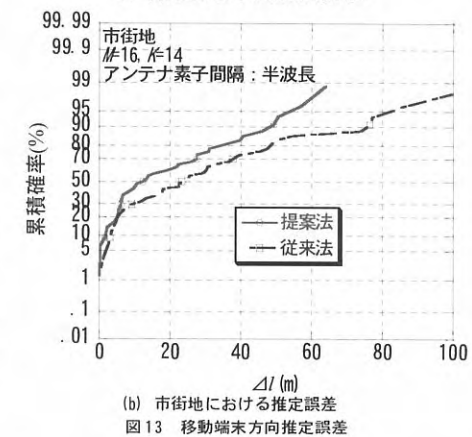
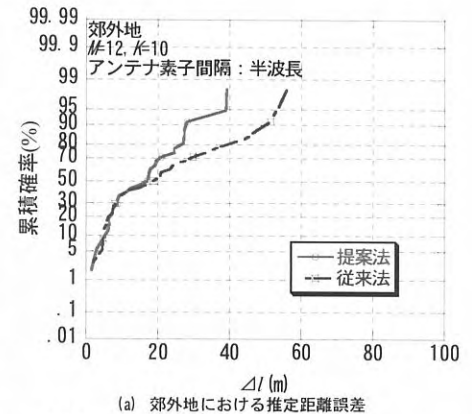
る)についても評価する。提案法は図9の(a)に対して、従来法は(b)に対して到来方向処理を行う。

ところで、本稿では移動端末の推定角度誤差 $\Delta\theta$ に代わって、次式に示すように推定距離誤差 Δl を定義して評価する。 $\Delta l = l \times \sin(\Delta\theta) = l \cdot \Delta\theta$ ($\Delta\theta=0$) (2)

ここで、 l は基地局-移動局間距離である。

まず、提案法の推定精度を従来法と比較する。図13(a)は、郊外地(千葉ニュータウン)における推定距離誤差の累積確率を示す。アンテナ素子数 M は12、アンテナ素子間隔は半波長としている。同図より、提案法では、50%値で18m、90%値で26mの推定距離誤差であり、高精度に移動端末の位置を推定できていることが分かる。一方、従来法では、推定距離誤差が50%値で19mであり提案法と同等の精度が得られているが、90%値では52mであり提案法より約30mだけ推定距離誤差が大きくなっている。

図13(b)に市街地(千代田区)における推定距離誤差の累積確率を示す。アンテナ素子数 M は16、アンテナ素子間隔は半



波長である。同図より、提案法では50%値で推定距離誤差が12m、90%値では48mであり、郊外地と同様に高精度に移動端末の位置を推定できていることがわかる。従来法では、推定距離誤差が50%値で22m、90%値では78mであり、提案法より推定距離誤差が大きくなっている。

両図より、市街地でも郊外地でも、提案法を用いた場合は50%値で推定距離誤差が20m以下であり、高精度に移動端末の位置を推定できていることがわかる。一方、90%値では、推定距離誤差が従来法を用いた場合に比べて約30m改善しており、提案法の効果が顕著であることがわかる。

次に、提案法を用いた場合のアンテナ素子数と推定精度の関係性を明らかにする。図14は、アンテナ素子数 M と推定距離誤差の累積確率の50%値の関係を示している。アンテナ素子間隔は半波長である。同図より、アンテナ素子数 M を大きくする程推定距離誤差が小さくなり、推定精度が向上すること

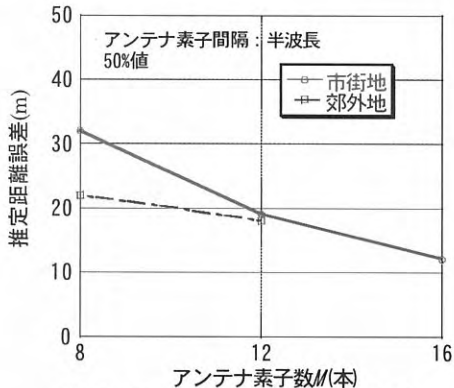


図14 アンテナ素子数と推定距離誤差の関係

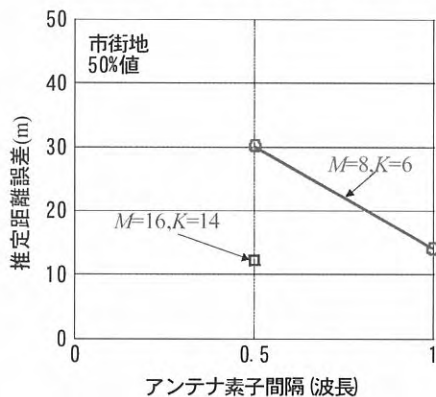


図15 アンテナ素子間隔と推定距離誤差の関係

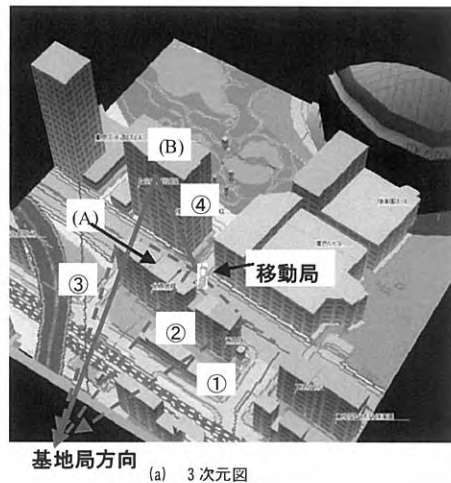
がわかる。

次に、提案法を用いた場合のアンテナ素子間隔と推定精度の関係について明らかにする。図15は、市街地においてアンテナ素子数 M を 8 とした場合の素子間隔と推定距離誤差の累積確率の 50% 値の関係を示す。また、 $M=16$ で素子間隔が半波長の場合の累積確率の 50% 値も併せて示す。同図より、素子間隔が 1 波長の場合、半波長の場合と比較して推定精度が向上していることがわかる。また、 $M=8$ でアンテナ素子間隔が 1 波長の場合の推定精度は、 $M=16$ で半波長の場合とほぼ同等となっている。素子数を少なくしても、素子間隔を大きくすることで推定精度を向上できることを示唆している。

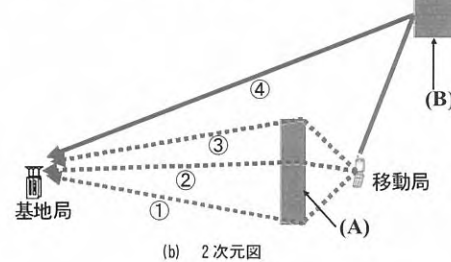
4.3 考察

市街地において推定が大きく誤った測定ポイントがあった。その原因について考察する。図16(a)に、推定距離誤差が大

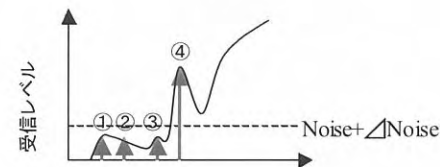
きい測定ポイント周辺の建物の3次元図を示す。また、図16(b)に位置関係を示した2次元図を示す。このポイントにおいて、アンテナ素子数 $M=16$ 、アンテナ素子間隔半波長で提案法を用いたとき推定距離誤差は 63m となる。図16(a)~(b)より、このポイントでは、移動局から見て基地局方向には高く幅の広いビル(A)があり、このビルと異なる方向に別の高層ビル(B)が存在している。図16(a)~(b)中の①~④は到来波を表している。図16(c)は、図16(a)~(b)中の①~④の波が



(a) 3次元図



(b) 2次元図



(c) 遅延プロファイル

図16 市街地における測定ポイント

到来する場合の遅延プロファイルのイメージを示す。①~③の波は、前方のビルによる回折波であるが、これらは Noise + Δ Noise よりも小さいため検出できない。従って、前方のビル(A)とは異なる方向の高層ビル(B)の反射波(④の波)を先頭パスとして識別するために、推定距離誤差が大きくなる。市街地では図16に示すような、基地局方向が高く幅の広いビルで遮蔽されている状況が数多く存在するため、郊外地より推定距離誤差が大きくなっていると考えられる。

5. まとめ

本稿では、まず提案法の推定精度を実測により評価するための基礎実験を、構成が最も単純な孤立ビルの背後に移動局が位置する場合について実施した。測定結果より、電波はレイトレース法で求まる方向から実際に到来していることを確認した。また、移動端末の方向を高精度に推定するためには、先頭パスを特定する必要があることを示した。

続いて、先頭パスを特定し、移動端末の方向を推定する方法を提案した。郊外地を市街地で測定を実施し、提案法の推定精度を明らかにした。提案法では、アンテナ素子数 M を 12 以上とした場合、推定距離誤差は 50% 値で 20m 以下であり、90% 値でも従来法(先頭パスを特定しない方法)と比較して約 30m 向上した。また、アンテナ素子数が少ない場合でも、素子間隔を大きくすることで、推定精度を維持できることを示唆した。

謝辞

本研究の一部は、総務省「戦略的情報通信研究開発推進制度」の助成のもとに行われた。

参考文献

- [1] 衛星測位システム協議会編: "GPS 導入ガイド", 日刊工業新聞 (1993).
- [2] 表英毅, 藤井輝也: "広帯域移動体通信における移動端末位置検出法の検討(その2) - 移動局方向の高精度推定 -" 信学技報, A-P2002-97 (2002-10), pp. 35-40 (2002).
- [3] 表英毅, 藤井輝也: "MC-CDMA 方式における移動端末位置推定法の検討 - 移動局方向の高精度推定 -" 信学技報, A-P2002-228 (2003-3), pp. 15-20 (2002).
- [4] 表英毅, 太田喜元, 三上学, 藤井輝也: "実伝搬路での広帯域移動体通信における移動端末位置推定法の基礎検討" 信学技報, A-P2003-185, pp. 29-34 (2003).
- [5] 表英毅, 太田喜元, 三上学, 藤井輝也: "実伝搬路での広帯域移動体通信における高精度移動端末位置推定法の検討" 信学技報, A-P2003-318, pp. 45-50 (2004-03).
- [6] 表英毅, 太田喜元, 三上学, 藤井輝也: "広帯域移動体通

信における高精度移動端末位置推定" 信学技報, A-P2004-222, pp. 45-50 (2005-01)

[7] 藤井輝也, 今井哲郎: "広帯域 DS-SS-CDMA 移動通信方式における有効パスに関する一検討", 信学論, Vol. J82-B No. 10, pp. 1923-1927 (1999).

[8] R. O. Schmidt: "Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation," IEEE Trans., v10. AP-34, No. 3, pp. 276-280 (Mar. 1986).

[9] 菊間信良, : "アレーアンテナによる適応信号処理," (株) 科学技術出版 (1998).