

2.4 レイトレーシング

一般的な都市部や屋内環境では、固定された送信源から送信された無線信号は、環境中の複数の物体に遭遇し、送信信号の反射、回折、散乱コピーを生成します（図参照）。図 2.3 に示す。マルチパス信号成分と呼ばれる送信信号の追加コピーは、受信機で LOS 信号経路から電力が減衰し、時間的に遅れ、位相や周波数がずれる可能性があります。マルチパス信号と送信信号は受信機で合計され、送信信号に対する受信信号の歪みが発生することがよくあります。

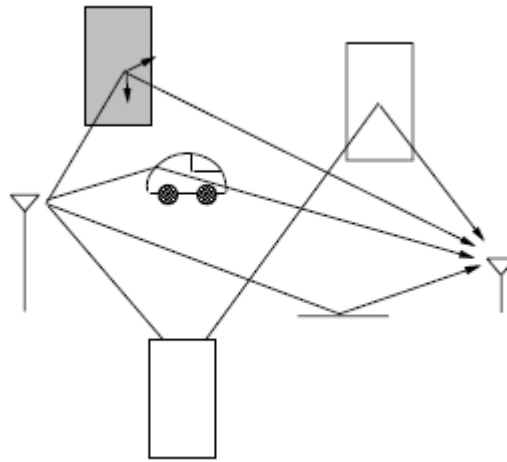


図 1 物体に遭遇し、反射、回折、散乱した波の様子

レイトレーシングでは、位置と誘電特性が既知の有限個の反射板を想定しています。そして、マルチパス伝搬の詳細は、適切な境界条件とともにマクスウェル方程式を使用して解くことができます。しかし、この解法は計算量が多いため、一般的なモデリングツールとしては実用的ではありません。レイトレーシング技術は、波面を単純な粒子として表現することで、電磁波の伝搬を近似的に表現するものです。したがって、波面の反射、回折、散乱の効果は、Maxwell のより複雑な波動方程式の代わりに、単純な幾何学方程式を使って近似される。光線追跡近似の誤差は、受信機が最も近い散乱体から何波長も離れており、すべての散乱体が波長に対して大きく、かなり滑らかな場合に最も小さくなる。レイトレーシング法を経験的データと比較すると、農村部 [10]、送信機と受信機の両方が地面に近い街路沿い [8, 7, 10]、または回折係数を適切に調整した室内環境 [9] で、受信信号電力を正確にモデル化できることが示されています。マルチパスの遅延広がりなど、受信電力変動以外の伝搬効果は、レイトレーシング技術では必ずしもうまく捉えられない [11]。

送信機、受信機、反射板がすべて動かない場合、複数の受信信号経路の影響と、LOS 経路に対するそれらの遅延は固定されます。しかし、送信機や受信機が移動している場合、複数のパスの特性は時間によって変化します。反射板の数、位置、特性が時間的に既知である場合、これらの時間変化は決定論的である。そうでない場合は、統計的モデルを使用しなければならない。同様に、反射板の数が非常に多い場合や、反射板の表面が滑らかでない場合も、受信信号の特性を把握するために統計的な近似値を使用する必要があります。伝搬効果に関する統計的なフェージングモデルについては、第 3 章で説明します。光線追跡と統計的フェージングを組み合わせたハイブリッドモデルも文献 [13, 14] で見ることはできますが、ここでは説明しません。最も一般

的なレイトレーシング・モデルは、減衰、回折、および散乱されたすべてのマルチパス成分を含む。このモデルは、送信機と受信機を取り囲む物体の幾何学的特性と誘電体特性をすべて使用します。ルーセントのワイヤレスシステムエンジニアリングソフトウェア（WiSE）など、レイトレーシングに基づくコンピュータプログラム。

Wireless Valley 社の SitePlannerR、Marconi 社の PlanetR EV は、屋内外のシステムプランニングに広く利用されています。これらのプログラムでは、コンピュータグラフィックスを航空写真（屋外チャンネル）または建築図面（屋内チャンネル）と組み合わせて、環境の 3D 幾何学的な画像を得ることができます [1]。以下のセクションでは、複雑さを増すいくつかのレイトレーシング・モデルについて説明します。まず、LOS 経路に干渉する地上反射の結果生じる信号変動を予測する単純な 2 光線モデルから始めます。このモデルは、地方の道路や高速道路など、反射物が少ない孤立した場所での信号伝搬を特徴付けるものです。屋内環境では一般的に良いモデルとは言えません。次に、直線的な道路や廊下に沿って伝搬する信号の変動を予測する 10 線反射モデルを紹介します。最後に、あらゆる伝搬環境における信号の伝搬を予測する一般的なモデルについて説明します。2 線モデルはアンテナ高さの情報のみを必要とするが、10 線モデルはアンテナ高さと道路／廊下の幅の情報を必要とし、一般モデルはこれらのパラメータに加えて、環境中の反射器、回折器、散乱器の形状や誘電特性に関する詳細な情報を必要とする。