

# 移動体通信の基礎理論における一つの考察

One Consideration Of Basic Electro-Magnetic Theory For Mobile Communications

野口謙一 (Office Noguchi)

## 1 はじめに

近年、携帯電話をはじめ無線ICタグ、ユビキタスコンピューティング、無線ロボット等、移動体通信技術に関する研究開発が盛んに行われているが、その基礎理論となる電磁波理論の一考察について述べてみる。

## 2 電磁波理論について

電磁波の基礎理論についてはMaxwell-Hertz[1]の方程式を基に現在、ベクトルポテンシャル、ゲージ理論へと発展している。歴史的には電磁気理論はかつて電場と磁場の対称性への発展が試みられたが、現在まで磁気単極子(モノポール)の発見は公表されていない。ここではその基本となる古典電磁気理論に立ち戻り、いくつかの問題点について考察する(本稿での電磁気理論とはこの古典電磁気理論を示す)。

## 3 磁場の発生と仮想電流・実電子流の方向について

現在、電気工学における電流といえばプラス側からマイナス側へ流れる電気的エネルギーとして取り扱われることが慣例であるが、電流が通るとされる導体内では電気的にプラスの性質で、なおかつ原子内では質量の大部分を占める原子核[2]が光速に近い速度で移動しながらエネルギーを伝搬するということは極めて考え難い。

実際には素粒子である電子が、導体内の自由電子としてマイナス側からプラス側へ向かってエネルギーを伝搬すると考える方が自然であろう。そうするとこれまでの仮想的な電流と実際の電子流では方向が反対である。

現在の電磁気理論や電気理論の多くはSir J. J. Thomsonによって電子が発見される以前に成立した学問体系であり、仮想的な電流の方向はこれに適合するように発展したものと考えられる。

### 3.1 時間的変位磁場の発生について

電磁気理論では発電機や電動機の原理をも含む理論としてまとめられているが、現在、これは場を表す4つの方程式で簡潔に表現されている。

従来の電磁気的基礎理論による考え方によると導体内を時間的な変位電流が流れることにより、変位磁場が発生するというを数学的に記述している。ここでは仮想電流(定常電流+変位電流)を正方向とした場合に磁場が発生するという数学モデル[3]を(1)式のように示す。(ただし座標系は数学的座標の右手系とする)

$$\text{rot}H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (1)$$

$H$ : 磁場       $D$ : 電束密度

$J$ : 電流密度    $t$ : 時間

いま、導体内を電子が流れる方向を正とすると、 $\text{rot}$ の演算においては符号のとり方に十分注意をする必要があると考えられる[4]。また、 $\text{rot}$ の演算自体は電磁気理論の数学的記述の要請と共に発展してきたという歴史的な背景を考えると、仮想電流から実電子流へ物理的な方向を変える必要がある場合には、数学的性質を変更しても差し支えることはないであろう。

## 4 空間を伝わる波についての実験

通信や電波工学では高周波素子出力からアンテナを介して電波が空中に放射されることを実証してきたが、空間を伝わる波の記述として電磁気理論を考えた場合には、数学的に電場と磁場が互いに相互作用を及ぼしながらエネルギーを伝搬する波の性質と表現されている。今回、その電場と磁場との相互作用を検出する実験を試みた。

### 4.1 移動体電話を利用した実験

図1のように移動体電話をアルミ箔で完全密閉した紙箱の中に入れて、箱全体を通信波長以上の距離を移動させながら、送受信が可能となるかどうかの実験を行った。アルミ箔は電場を遮蔽するが磁場は通過させる性質があるため、たとえ電場がアルミ箔で遮断されたとしても磁場の相互作用によって箱内に電場が生成され、送受信が可能となるはずである。



図 1

### 4.2 実験結果

実験は800MHz帯の移動体電話を複数台用いて、電波の波長である約37.5cm以上の距離を移動させながら送受信の実験を繰り返したところ、アルミ箔で覆った箱内の移動体電話からの送受信は全くできなかった。その他、小型受信機でも周波数がFM、VHF波帯について同様の実験を行ったが、いずれの場合も電波を受信できないことを確かめた。

## 4 まとめ

今回、古典電磁気理論をはじめ、移動体通信の基礎理論における問題点を考察すると、これまで世界中で多くのあらゆる分野の研究者や技術者が広義の統一的な場の理論について検討を行ってきたが、電磁場の理論的な基礎部分についてはまだ再検討の余地があるのではないかと考えられる。今後、移動体通信をはじめとする工学的な応用と共に多くの人々の実験と検討により、自然界における電磁気の相互作用について、より正確な記述として発展していくことを願ってやまない。

## 参考文献

- [1] 動いている物体の電気力学/A. Einstein 著 内山龍雄訳 pp40-60 岩波書店 1988
- [2] 素粒子の相互作用について/湯川秀樹著 日本数学会誌1934
- [3] ベクトル解析入門/一松信著 pp102-122 森北出版 1997
- [4] 輪講部の方向性を考慮した高速重心計算/野口謙一 平成10年度電気関係学会九州支部連合大会論文集 1998