

# 導体表面に発生する電磁界測定法に関する研究（第2報）

－ 表面電流発生装置の試作 －

自動車安全部 ※伊藤 紳一郎 松村 英樹  
電気通信大学 岩崎 俊  
トーキンEMCエンジニアリング 堀田 幸雄

## 1. まえがき

自動車から発生する電磁波としては、エンジン点火回路の高圧系統、電磁バルブやモータ等の断続により発生する広帯域放射、搭載されているコンピュータのクロック信号などから発生する狭帯域放射に大別される。

これら電磁波の発生メカニズムとして、車体内の発生源から発生した電磁界により車体表面に高周波の表面電流が発生し、金属材質の車体表面がアンテナの作用をして自動車の車外に電磁波が放射されると考えた。この仮説が正しいければ、車体表面における表面電流の分布を測定し、微小電流源から発生する電磁界を計算して積分すれば、自動車から3m或いは10m離れた地点における電界強度を求めることができると考えられ、測定設備の大幅な簡略化を図ることができる。

そこで、過去の文献<sup>1)2)</sup>を参考に自動車の車体表面に発生する表面電流を検出するための検出器を試作し報告した<sup>3)</sup>。しかしながら、広範囲にわたって均一な表面電流を発生させることが難しく、また、発生させた表面電流の校正を行うことも困難であった。

今回、単純化した形状の導体表面に均一な表面電流を発生させる目的で、ストリップライン伝送路を応用した表面電流発生装置を試作し、この特性を測定したので、その概要について報告する。

## 2. 表面電流発生装置の概要

導体表面に発生する表面電流を計測するために試作した表面電流検出器の特性を評価するには、導体表面において均一で安定した表面電流を発生させる必要がある。

このため、第1報ではグランドプレーン上にモノポールアンテナを設置する方法により、表面電流を発生させた。しかしながら、この方法では、表面電流検出器がモノポールア

ンテナから直接放射される電磁波の影響を受けること、グランドプレーン上のモノポールアンテナから離れるに従って表面電流が減衰し、均一な表面電流分布を得ることができないこと等の理由により、必要とされる表面電流特性を得ることができなかった。

このため、なるべく単純化した形状の導体表面に均一な表面電流を発生させるため、ストリップライン伝送路の構造を応用した表面電流発生装置を新たに試作することとした。

## 3. 試作した表面電流発生装置の主な仕様

今回試作した表面電流発生装置の外観を図1に、寸法図を図2に示す。

図1及び図2に示すようにストリップライン部の上側導体は幅150mm、長さ200mmで上下導体間の間隔は30mmとした。ストリップライン部の両端にはテーパ部を介してN型コネクタを接続している。また、上側導体は絶縁体により4箇所において支持されている。上下導体とも板厚は2mmで、その材質はステンレス板の表面に銀メッキを施したものである。設計にあたっては、測定系のインピーダンス50Ωにマッチングし、しかも均一な表面電流を発生させる領域がなるべく広くなるように形状及び寸法を決定した。



図1 表面電流発生装置の外観

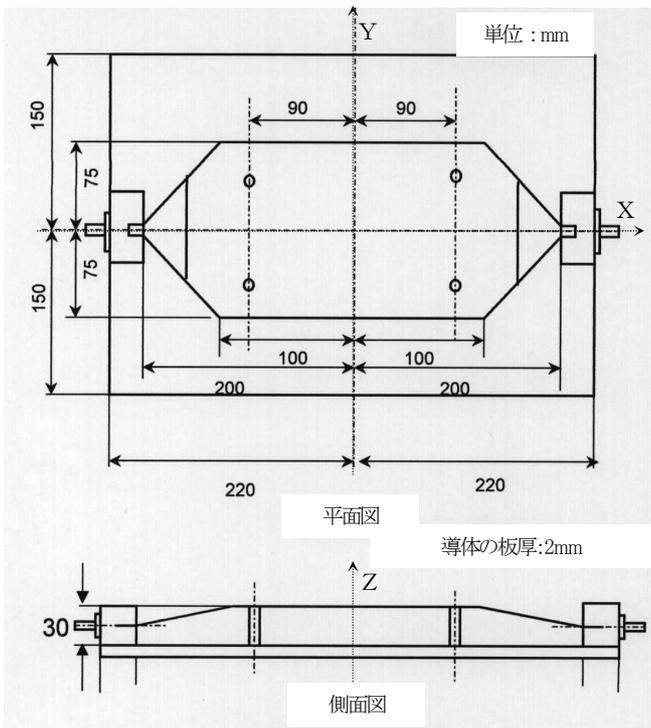


図2 表面電流発生装置の寸法図

図1に示すように表面電流発生装置の向かって右側の入力端には標準信号発生装置の出力信号を入力し、向かって左側の出力端には終端抵抗を接続してインピーダンスの整合を図ることとした。

使用可能な周波数範囲は10kHz～200MHz、特性インピーダンスの公称値は50Ωである。

#### 4. 表面電流発生装置の特性の測定

測定に先立って、座標系を図2に示すように定義した。すなわち、原点は下側導体(接地導体)の上面の中央とし、X軸は下側導体の上面に含まれかつ入力端と出力端を結ぶ直線と平行な直線とし、Y軸は下側導体の上面に含まれかつX軸に直交する直線とし、Z軸は下側導体に垂直な直線とした。なお、原点から入力端に向かう方向をX軸の正の方向とした。

試作した表面電流発生装置の入力端におけるインピーダンスの整合性の確認として、終端抵抗値を48Ω、49Ω、50Ω、51Ωと変えたときの電圧定在波比(VSWR)を測定した結果を図3～図6に示す。これらの図から、終端抵抗値がいずれの場合も測定した50MHz～200MHzの周波数範囲においてVSWRが1.2以下となっていることがわかる。また、この4例の中では終端抵抗が50Ωの場合のVSWRが最も1に近い傾向を示していることがわかる。これらから、終端抵抗値50Ωでインピーダンスの整合がほぼとれているといえる。

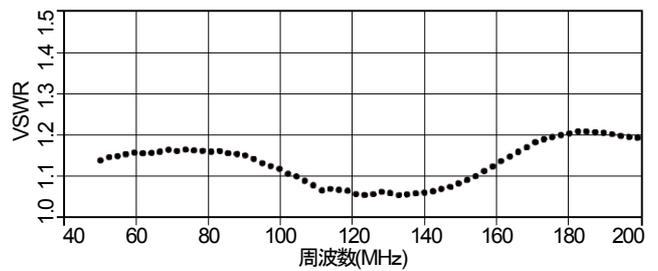


図3 電圧定在波比(VSWR)の周波数特性(48Ω)

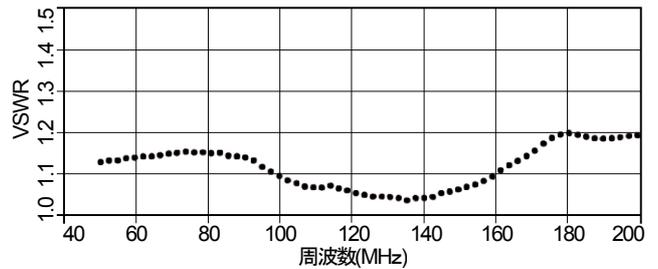


図4 電圧定在波比(VSWR)の周波数特性(49Ω)

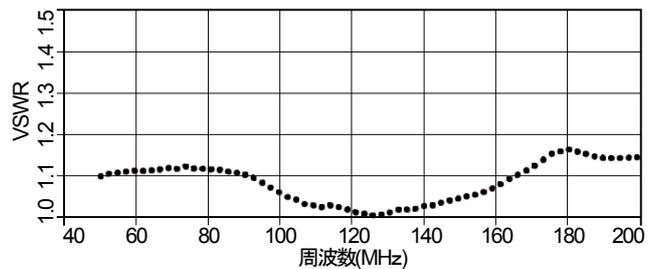


図5 電圧定在波比(VSWR)の周波数特性(50Ω)

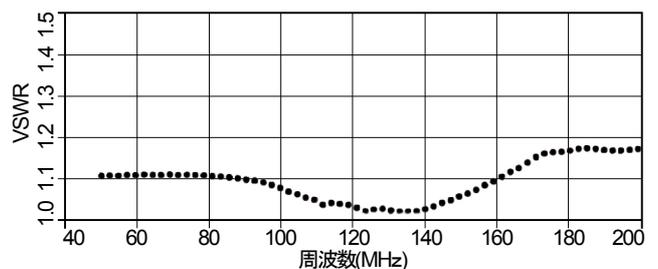


図6 電圧定在波比(VSWR)の周波数特性(51Ω)

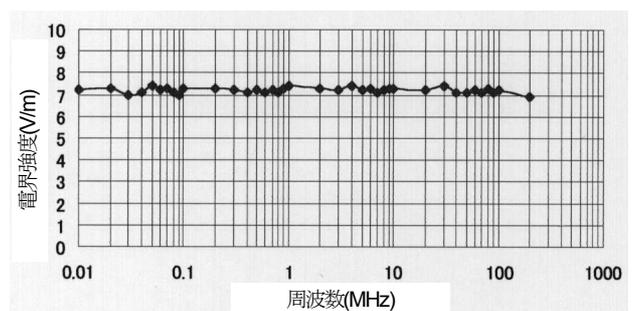


図7 電界強度の周波数特性(上下導体間の中央)

また、表面電流発生装置の周波数特性の安定度を把握するため、電界強度の周波数特性を測定した。表面電流発生装置の出力端には50Ωの終端抵抗を接続し、入力端には標準信号発生装置を接続した。標準信号発生装置の出力電力を一定にしたまま、出力周波数を変えたときに表面電流発生装置の上下導体間の中央(X=0,Y=0,Z=15)において電界強度を測定した。その結果を図7に示す。この図から、測定した10kHz~200MHzの周波数範囲ではほぼ平坦な周波数特性を示すことがわかった。

次に、本表面電流発生装置はストリップライン伝送路の特性を応用して設計してあるため、上下の導体間には垂直方向のほぼ均一な電界が発生していると考えられるが、表面電流発生装置の近傍における電界強度分布を測定することとした。

電界強度を測定するためのセンサとして、微小ダイポールアンテナを使用した。図8に微小ダイポールアンテナによる測定状況を示す。微小ダイポールアンテナではその出力を直接光信号に変換し、光ファイバーで伝送した光信号は電気信号に変換してスペクトラムアナライザで読みとるものである。微小ダイポールアンテナの要素の寸法は全長が約4mm、幅が約1mmであり、この要素を除いて電界センサは非金属材料でできている。このように、この電界センサを使用することによる電界への影響は可能な限り少なくなるようになっている。

微小ダイポールアンテナの設置方向は、Z軸に平行となる方向とし、電界強度のZ軸方向の成分を測定することとした。測定した周波数は100MHzである。

微小ダイポールアンテナによる測定では、標準信号発生装置の出力電力を一定にした状態で、上下導体間の $-50 \leq X \leq 50$ 、 $Y=0$ 、 $Z=15$ 及び $-140 \leq Y \leq 140$ 、 $X=0$ 、 $Z=15$ において10mm間隔で電界強度の測定を実施した。また、上側導体の上の $-70 \leq X \leq 70$ 、 $-70 \leq Y \leq 70$ 、 $Z=45$ においても10mm間隔で網目状に電界強度の測定を実施した。

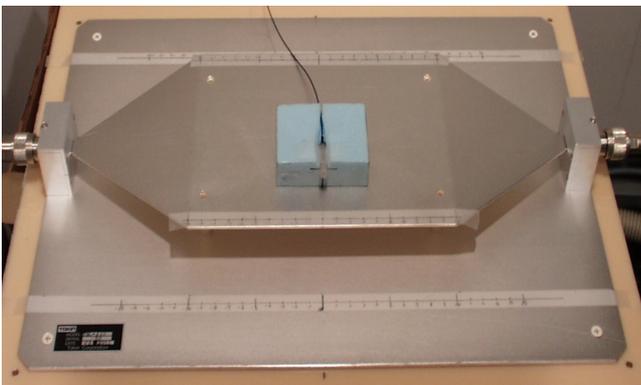


図8 微小ダイポールアンテナによる測定状況

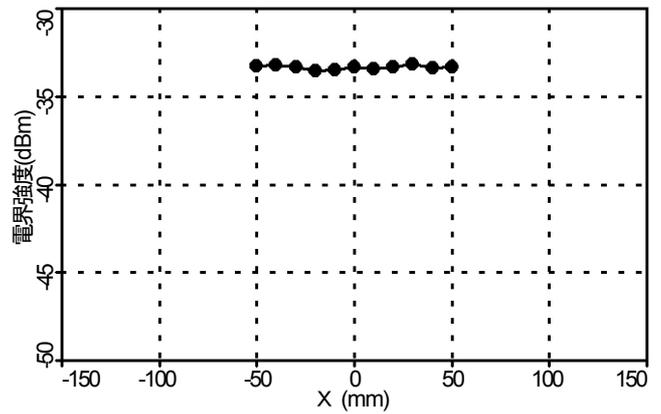


図9 上下導体間の電界分布(Y=0,Z=15)

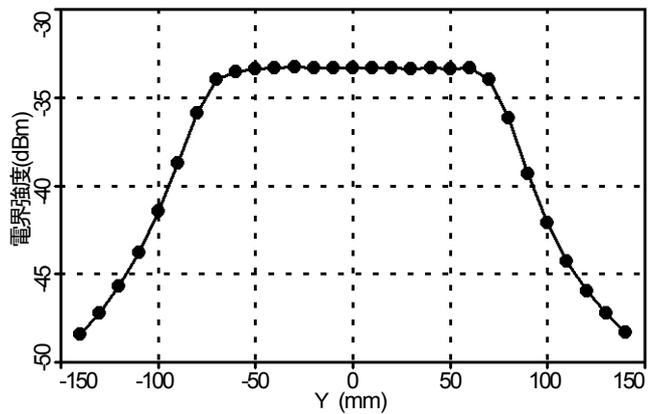


図10 上下導体間の電界分布(X=0,Z=15)

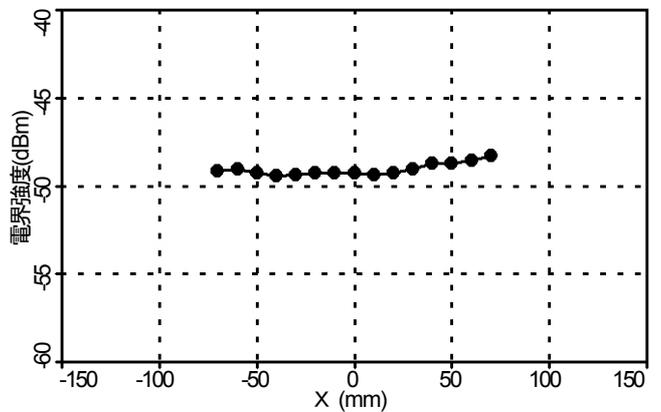


図11 上側導体の上における電界分布(Y=0,Z=45)

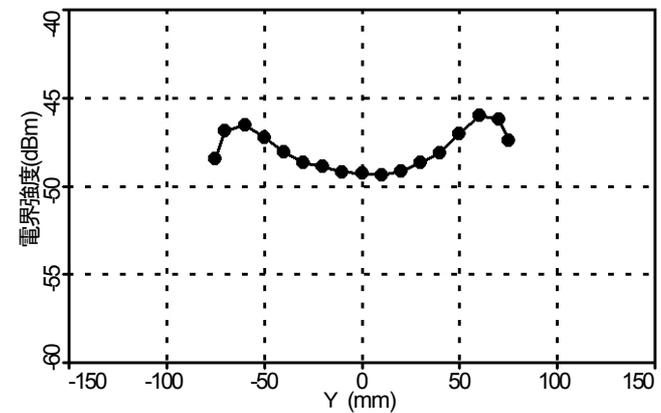


図12 上側導体の上における電界分布(X=0,Z=45)

上下導体間の $-50 \leq X \leq 50, Y=0, Z=15$ における電界強度の測定結果を図9に、 $-140 \leq Y \leq 140, X=0, Z=15$ における電界強度の測定結果を図10に、上側導体の上の $-70 \leq X \leq 70, Y=0, Z=45$ における電界強度の測定結果を図11に、 $-75 \leq Y \leq 75, X=0, Z=45$ における電界強度の測定結果を図12に示す。また、上側導体の上の $-70 \leq X \leq 70, -70 \leq Y \leq 70, Z=45$ における電界強度の分布を図13に示す。図9及び図10(図10では $-60 \leq Y \leq 60$ の範囲で電界強度の分布が平坦な部分)を見ると、表面電流発生装置のストリップライン部の上下導体間においては上下方向にほぼ均一な電界が発生しているということがわかる。また、図10の $Y \leq -70$ 及び $70 \leq Y$ の部分からわかるように、上側導体の端部近傍及び上側導体からY軸方向にはみ出した領域では、電界の垂直成分が急激に低下していることがわかる。

図11、図12、図13から、表面電流発生装置の上側導体の上における電界強度の垂直成分は、Y軸方向の中央付近ではほぼ一定の値が得られているが、上側導体のY軸方向の端部に近づくにつれて電界強度が徐々に増加し、端部付近から先では急激に低下していることがわかる。

また、X軸方向の分布では、表面電流発生装置の給電端に近づくにつれて電界強度の垂直成分が徐々に増加する傾向が見られる。これは今回試作した表面電流発生装置の特性インピーダンスが電界強度分布を測定した周波数100 MHzにおいてわずかに $50 \Omega$ からずれているためにインピーダンスの不整合が発生して定在波が立っているためと考えられる。

## 5. あとがき

ストリップライン伝送路の形状を持った表面電流発生装置を試作し、導体表面に均一でしかも一定方向に流れる表面電流を発生させた。この表面電流発生装置の上下導体間及び上側導体の上における電界強度分布を微小ダイポールアンテナにより測定した。その結果、上下導体間においては広い範囲で均一な電界強度分布であることが確認された。また、上側導体の上においてもかなり広い範囲でほぼ一定の電界強度分布を得ることができた。

今後は、試作した表面電流発生装置の電流分布及び近傍電磁界についてシミュレーションを実施し、今回得られた測定データとの比較を行う予定である。また、表面電流発生装置を使用して発生させた表面電流を試作した表面電流検出器で測定した結果については次報で報告する。

最後に、各測定を実施するにあたって協力していただいた関係者の皆様に感謝します。

## 6. 参考文献

- (1)長沢ほか:高周波面電流検出器 電子情報通信学会論文誌 昭58-論118[B-42]
- (2)石居ほか:高周波表面電流センサの高感度化 電気学会計測研究会 IM-98-31 1998.6.30
- (3)天野 功:導体表面に発生する電磁界測定法に関する研究第1報 平成10年度交通安全公害研究所研究発表会 講演概要

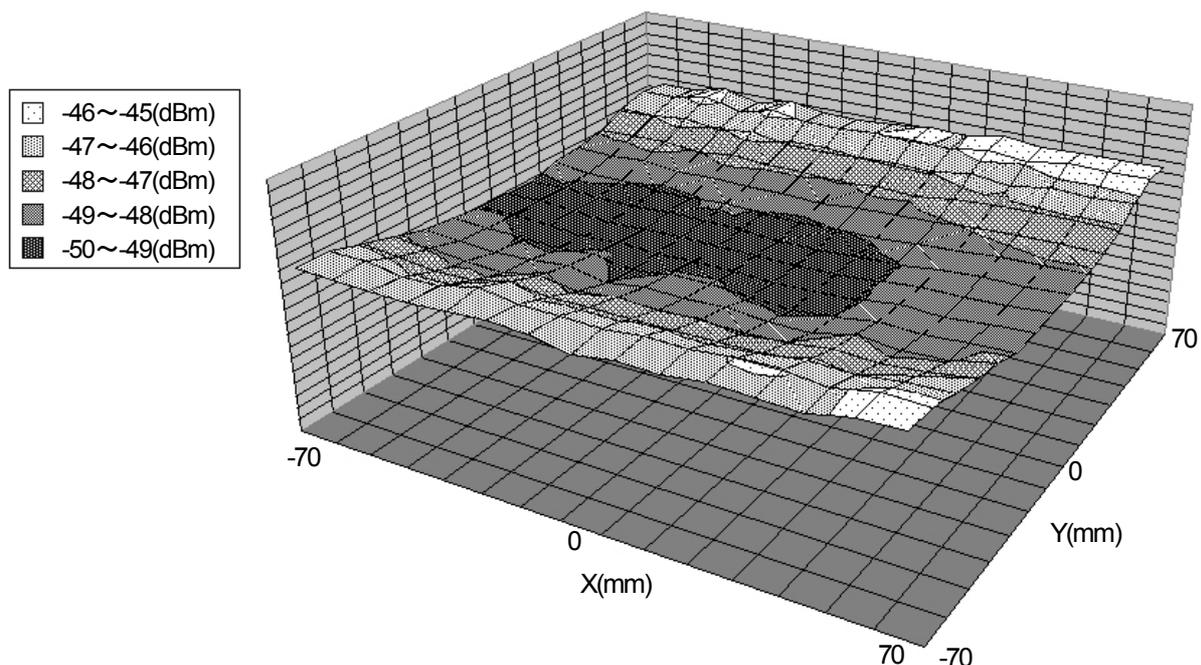


図13 上側導体の上における電界強度分布の測定結果