

## スマートリファレンスの開発

東京大学 生産技術研究所 滝口研究室は準静電界技術の研究を行う中で、複数の電極を波長以下のサイズに結晶のように組み合わせた特殊な構造体により、電界ゼロとなる場を構造体内部に封じ込め、車体や人体等アースがとれないモバイル環境においても、人工的にアースの代わりに基準電位(リファレンス)として作用するデバイスを試作、その原理確認に成功し、これを”スマートリファレンス”と名付けた。

### ■準静電界とは

電磁界を構成する磁界成分を含まない特殊な電界で、電波のように伝搬する性質がなく人や車両、物質の周りに静電気帯電のように分布する物理現象で、電波に比べて非常に小さなエネルギーで非接触通信が実現できる。これを利用することにより、人体や車両等の周りだけで実現する省電力型のモビリティ近傍通信や、逆に人体や車両の準静電界の変化を捉えることで、非常に鋭敏かつ配線のいらぬ非接触センサーを開発することができ、モビリティ分野での早期の実用化が期待されている。また、モビリティ分野以外でも、光や電波よりも分解能が高く反射することがないため近距離の高速通信やナノオーダーの微細なセンシングなどへの応用が期待される。

### ■従来の課題

車両、携帯電話などモバイル環境での通信やセンシングでは、固定機器のようなアース(接地(GND)、基準電位(リファレンス))を安定確保できないため、通信やセンシングに大きな支障をきたすことがあった。さらに車体はそれ自体が巨大な電極となってしまうため、車体上の全ての電極には車体自身からの廻り込みが生じてしまい、車体を用いて通信やセンシングを行う事が困難となっていた。人体においても同様で、人体そのものからの廻り込みにより安定した人体通信やセンシングが困難であった。また携帯電話では、通常は利用者の体をアースとして利用するが、机上などに置かれてしまうと同様にアースが確保できず、そのため受信感度や通信速度に影響することがあった。医療分野も含めモバイル環境におけるこうしたアースの問題は、古くから通信・センシングにおける究極の課題の一つであった。

また、アースを確保できるとしても長いアースケーブルを用いた場合にはそれがアンテナとなりノイズが廻り込んでしまい、精密かつ高感度センシングの実現にはセンサー直下にアースを設ける必要があったが、現実にはそうしたアースの確保は困難でありアースに替わる人工的な基準電位(リファレンス)が求められていた。

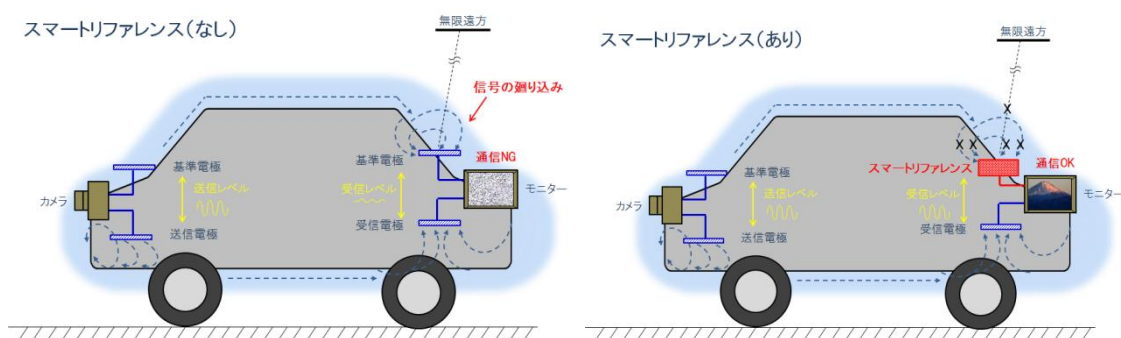
## ■スマートリファレンス開発背景

極微弱な電界の検出には、測定の基準としてしっかりとした接地(アース)が必要であるが、サメやナマズ等はアースもとらずに生き餌の発する極めて微弱な電界のセンシングを行っていることが知られている。その秘密がロレンチニ瓶と呼ばれる彼らの感覚器の構造にある。このロレンチニ瓶はフラスコ状をしているが、その底部に電界を検知する感覚センサーとして有毛細胞が複数配置されている。今回、この有毛細胞群にヒントを得て、有毛細胞に見立てた複数の電極を配置した構造を人工的に作り出し、その多重極構造の中である条件下で電界がゼロとなる場を作り出されることを見出した。今回の原理試作では、この特異な場を利用して仮想的な接地(基準電位)を形成できることを確認。これにより接地が困難な状況であっても、安定した接地を確保することが可能となり、通信およびセンシングにおいても従来にない高い感度や安定性を得ることができる。また、接地のための煩わしい配線が不要となるため、医療機器、人体通信、モバイル等の多くの分野で効果が期待される。

## ■スマートリファレンスの効果

通信およびセンシングにおいて検出すべき信号は、必ずある基準からの電位差となる。一般的には接地(GND)を基準とするが、例えば『車体通信』を考えたときに車体そのものはタイヤにより浮いて接地していないため、外部空間(無限遠方)に向け基準電位を設けるしかない。しかし、この電極にはより近くにある巨大な電極である車体から信号やノイズが廻り込み、打消し合いにより通信が困難となっていた。

**スマートリファレンス**により仮想的な接地(GND)を形成し、これを基準とすることで廻り込みの影響を排除して信号との電位差(S/N)を得ることが可能となる。

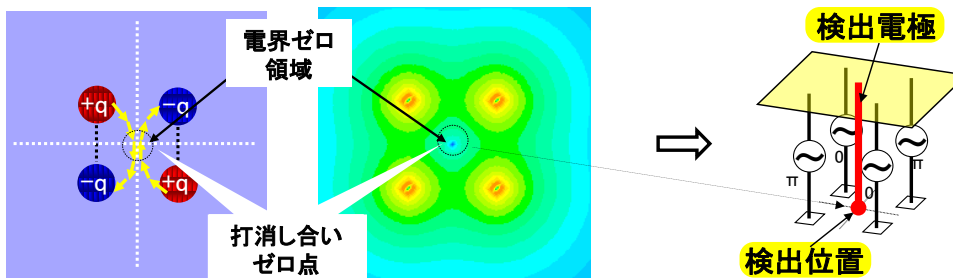


廻り込みによる影響により信号の打消し合いが生じて通信に必要な電位差を得ることが困難

スマートリファレンスにより仮想接地を形成して廻り込みによる影響を排除し、通信に十分な電位差を得る

## ■スマートリファレンスの原理

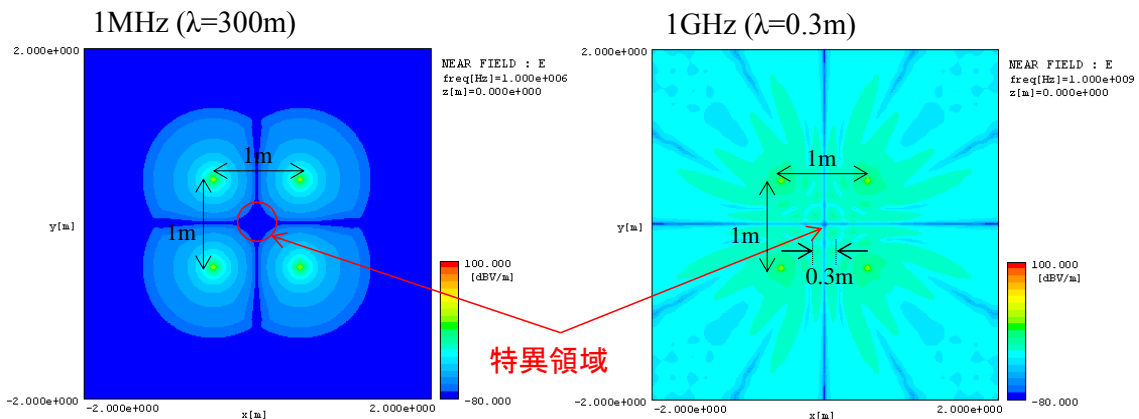
多重極構造内部に電界の打ち消し合いによる特異領域(電界ゼロに近いの安定点)を形成。キューブ状に配置した多重極構造の電極に、一定周波数の交流信号を隣り合う電極と180度位相をずらして印加すると電極キューブの内部空間には電界の打ち消し合いにより特異領域(電界がゼロとなる領域)が生成される、その特異領域の中に仮想接地電極を配置すると絶対ゼロの基準電位を得ることが可能となり、これをアース(接地)の代わりに入力信号の基準電位として用いることができ、車体等からの回り込みを排除できる。



※原理確認には4重極(8重極)構造を利用

### 波長以下の電極構造

特異領域(電界ゼロに近いの安定点)を形成するために配置した多重極構造は波長以下のスケールで構成しなければならない。以下は波長と構造の関係をわかりやすく示す為の例である。1m×1mに配置した4重極構造の基本モデルに対して、波長以下となる周波数1MHz(波長 $\lambda=300\text{m}$ )を印加した場合の電界分布を下図(左)に示す。また、波長以上となる1GHz(波長 $\lambda=0.3\text{m}$ )を印加した場合の電界分布図を下図(右)に示す。波長以下とした場合では中心部における特異領域を広く取れるのに対して、波長以上とした場合では、波長の効果により、回り込み、反射または放射が発生することで極めて狭く、もはや特異領域ではなくなってしまう。この場に検出電極を配置しても安定性は保証されない。以上のことから多重極構造は波長以下のスケールで構成しなければならないことがわかる。



## ■今後期待される応用例

### ・医療分野

(現状) 心拍・心電測定には必ず最低2点間の電位差が必要となる。

(今後) 基準電位を持つことで1点での絶対値測定が可能となり、煩わしい電極配置が不要となる。例えば腕時計単体型の心拍・心電測定やモバイル用の高感度脳波センサー、神経や細胞単位の生体電気現象や抗原抗体反応の際の電気現象を直接計測する電極(パッチクランプ電極など)の高感度・高性能化。

### ・センシング

(現状) 計測器のアース線はそれ自体がノイズ源となる。またモバイル分野では安定した基準電位が取れず不安定。また、大地自体の電位や電界を局所で高感度に測ることが困難(大地自体を計測するアースがとれない)。

(今後) センサー自体に基準電位をもつことで、接地線の引き回しが不要となりノイズの影響を受けにくい安定かつ高感度の計測を行うことが期待できる。

### ・人体・車体通信

(現状) これまで実用化を阻む致命的問題として、基準電位の安定確保の困難があった。カード化した場合には持ち方によって通信そのものが不可能となった。

(今後) 人体通信実用化の最大の障壁が取り除かれた事で自動改札へのタッチレス化などへの実用化が期待できる。自動車では人工的なリファレンス(基準電位)を持つことで問題が解決され、車体や電源ラインを用いて通信が実現する。通信やセンサーの専用ケーブルの配線が不要になり簡素化・軽量化が期待できる。また、基板に関しても同様に、デバイスの端子や配線を不要とする基板内通信が期待できる。【別紙1】参照

### ・携帯電話等のモバイル通信

(現状) 携帯電話等は人体を経由で接地を基準とする為、特に机上等に置かれた状態では不安定要因となる。

(今後) 感度や安定性の向上が期待できる。

### ・地球&地中・水中通信

(現状) 地球(大地や海)そのものを通信媒体として通信が困難。

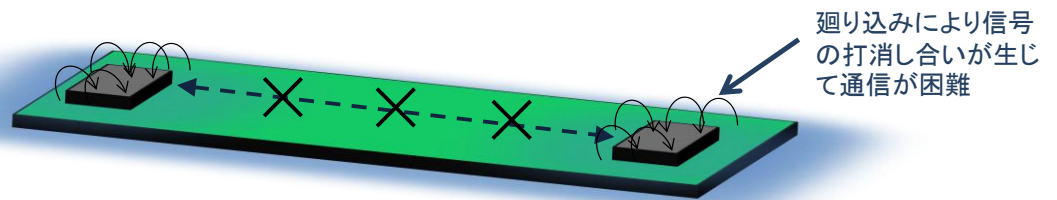
(今後) 大地、海や地中、水中などでそれらを介した通信が期待できる。

【別紙1】

## ■基板内通信

基板を通信媒体としたときに、信号はリファレンスに廻り込んでしまい打消し合いが生じて通信が困難となる。**スマートリファレンス**は仮想的な接地を形成することで、廻り込みによる影響を排除して通信を可能とする。また、電力搬送との組み合わせによりデバイスの端子や配線を不要とする**基板内通信**が可能となる。

### ○問題点



### ○スマートリファレンスによる解決法

