

グローバルテレマティクス用アンテナの開発

Development of Antenna for Global Telematics

片 山 睦*

Mutsumi KATAYAMA

昆 野 靖 弘*

Yasuhiro KONNO

曾 根 孝 之**

Takayuki SONE

要 旨

「全世界対応」コンセプトのもと、テレマティクスサービスのグローバルな適用拡大に対応する、携帯電話通信用と衛星測位用を統合したテレマティクス用アンテナを開発した。

携帯電話通信用アンテナは、各国の携帯電話通信事業者ごとに異なる使用周波数と規格上の周波数範囲を考慮し、ボウタイアンテナを採用した。これにより下限 698 MHz から上限 3800 MHz までの超広帯域特性を実現した。衛星測位用アンテナは、米国 GPS とロシア GLONASS に対応するとともに、信号分配器と供給電源切換え回路を内蔵することによりテレマティクスシステムと他システムとの信号分配を可能とした。アンテナケースは従来体積比 50% 小型化を達成することで、インストルメントパネル内への搭載自由度も高めた。

ABSTRACT

Based on a concept of global compatibility, a telematics antenna unit has been developed that integrates antenna elements for mobile communications and for satellite positioning in order to respond to the increasing global application of telematics services.

Taking into consideration the differences in the frequencies used by each mobile network provider in any specific country and the frequency range stipulated by regulations, a bowtie antenna was employed as the antenna for mobile communications. This made it possible to realize an ultra-wide-band characteristic from 698 to 3800 MHz. The antenna for satellite positioning is compatible with both the US GPS and Russian GLONASS systems, and the use of a built-in signal divider and power supply selector switch has made it possible to split satellite signals between the telematics system and other systems. The volume of the antenna unit has been reduced by 50% against conventional antenna units, increasing the degree of freedom available for fitting in the instrument panel.

1. ま え が き

テレマティクス (Telematics) とは、テレコミュニケーション (Telecommunication) とインフォマティクス (Informatics) からの造語とされ、自動車業界や輸送業界がおこなう情報サービスとして知られている。

近年では、個々の車両の走行記録を大規模に集計しビッグデータとして公益利用される事例も注目を集めてきている。なかでも Honda のインターナビ・フローティングカーシステム⁽¹⁾を活用したサービスは、2011 年の東日本大震災の際に通行実績情報マップとして利用され、通行可能な道路をいち早くユーザに伝えることで社会貢献につながることができた⁽²⁾。現在のテレマティクスサービスは、以下のように大別することができる。

- (1) 道路混雑状況や気象情報など、走行中の四輪車ユーザに役立つ情報を伝達する

- (2) 緊急通報システムなど、その国や地域で救急救命体制への通報手段となる

- (3) 電気自動車のバッテリー情報、充電スタンド情報など、車両性能を維持管理する

なかでも救急救命体制への通報手段の一種として機能する緊急通報システムは、公的標準規格化や法規による装備義務化が進みつつある。

欧州においては官民組織 European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization (ERTICO) が中心となり、社会実証実験 (HeERO1 と HeERO2 や eCall 等) による検証を複数段階で実施のうえ、欧州技術規格⁽³⁾を策定した。この規格に基づき 2018 年 3 月 31 日以降の新しい型式の車両に装備が義務付けられている。

欧州規格とは別にロシアも 2015 年 1 月 1 日以降の新しい型式の車両、2017 年 1 月 1 日以降の全ての新車販

* 四輪 R&D センター

** 株式会社ヨコオ

売車両への装備義務化が決定済みであり、通報に用いる自動車位置の測位システムにはロシア衛星測位システム GLONASS の採用を必須としている。

このようなテレマティクスの世界的普及に対し、従来型のテレマティクス用アンテナは、各国や地域それぞれで利用する携帯電話通信会社の周波数に特性を合わせた仕様となっていた。そのためテレマティクスが世界的に普及すればするほど各国や地域向けにアンテナのバリエーションは増加し、同時にユーザのコスト負担増加にもつながることとなっていた。

2. 開発のねらい

これらの課題に対応するため、「全世界対応」コンセプト、すなわち国や地域を問わず世界中の全仕向地で共通に適用可能で、テレマティクスの世界的な普及にともなうアンテナのバリエーション増加を抑制することが可能な、新型テレマティクス用アンテナを開発することとした。

テレマティクス用アンテナは、移動体ワイヤレス通信ネットワーク接続用としての携帯電話通信用アンテナ (TEL ANT) と、自車の位置情報を得るための衛星測位用アンテナ (GNSS ANT) とで構成される。開発目標を下に記す。

- (1) TEL ANT は、現在世界的に普及が進みつつある Long Term Evolution (LTE) 方式の規格が定める周波数帯をほぼ全てカバーすること
- (2) GNSS ANT は、従来利用されてきた米国の衛星測位システムだけでなく、ロシアの衛星測位システムにも対応し、衛星測位システムを利用する他システムとの、衛星信号の分配共用を可能とすること
- (3) インストルメントパネル内への搭載自由度を高めるため、小型サイズであること

3. TEL ANT

3.1. 従来型 TEL ANT の課題

自動車電話の登場以来、車載用の TEL ANT は、トランクリッド、ルーフ上、インストルメントパネル内などに配置されてきた。アンテナ素子には 1/4 波長モノポール型、1/2 波長モノポール型、1/2 波長ダイポール型、およびそれらの派生型が主に採用されており、線状の素子を定在波に共振させるタイプである⁽⁴⁾。

共振型のアンテナにはその動作原理によって共振周波数があり、所定の性能を発揮可能な周波数幅への制約が生じる。上限周波数を下限周波数で除した周波数比で 1.05 から最大 1.1 程度の範囲で用いられることが一般的である。

携帯電話で用いられる周波数帯は、Third Generation Partnership Project (3GPP) が定める世界標準規格に基づき、各国と地域の政府当局が携帯電話通信会社に対し免許

を与える。周波数帯は 1 GHz 以下の帯域 (ローバンド) と 1 GHz 以上の帯域 (ハイバンド) に大きく二分されており、通信環境や通信内容によって使い分けられている。

2000 年以降の主流である第 3 世代携帯電話の場合、北米地域では主に 824 MHz から 894 MHz のローバンドおよび 1850 MHz から 1990 MHz のハイバンドを利用している。欧州地域とアジア地域では主に 880 MHz から 960 MHz のローバンドおよび 1710 MHz から 1880 MHz または 1920 MHz から 2170 MHz のハイバンドを使用している。これらの周波数の帯域幅はそれぞれ周波数比 1.1 程度かそれ以下に定められているので、TEL ANT は各帯域に共振周波数を調整した共振型アンテナを採用することで対応してきた⁽⁵⁾。ローバンド用とハイバンド用の 2 素子を採用する手法 (Fig. 1) と、ローバンド用素子にローバンドの第 3 高調波としてハイバンドも共振させて、全体として 1 素子だけにする手法とがある。

電波の波長は光速 (30 万 km/秒) を周波数で除した値として算出され、たとえばローバンドの最低周波数 824 MHz での波長は 364 mm である。これに共振する TEL ANT 素子の基本長さは、1/2 波長ダイポール型であれば 182 mm、1/4 波長モノポール型であれば 91 mm となる。

第 4 世代携帯電話にて主流として用いられる周波数帯は、ローバンド下限は 698 MHz へ、ハイバンドは 1427 MHz から 1510.9 MHz と、1744.9 MHz から 2200 MHz と、2500 MHz から 3800 MHz へと、広がることとなった。698 MHz の波長は 430 mm であり、共振する TEL ANT 素子の基本長さは、1/2 波長ダイポール型であれば 215 mm に、1/4 波長モノポール型であれば 107 mm に、それぞれ長大化する。

前述の通り各携帯電話通信会社は、これら各帯域の中から所定幅の周波数割当て免許を政府当局から取得する。Honda がテレマティクスサービスを世界の各地で実施する際には、現地にて契約する携帯電話通信会社が免許取得している周波数帯に応じて、アンテナ素子の共振周波数を調整することとなる。

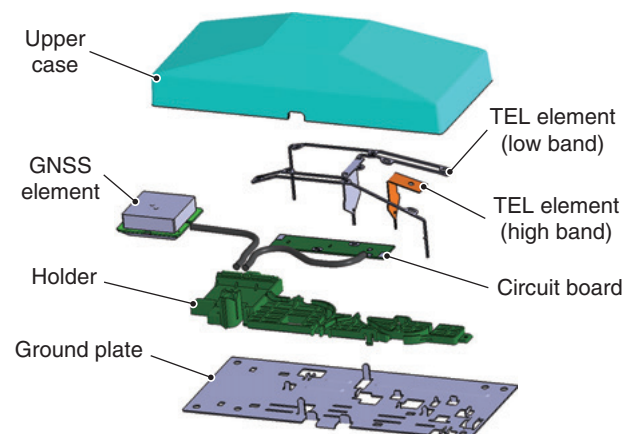


Fig. 1 Conventional antenna

従来の TEL ANT はこのようにして、契約する携帯電話通信会社の数だけそのバリエーションも増加する。また契約先携帯電話会社を変更しなくても、その会社が新規の周波数を追加獲得すると、その度にアンテナ素子にも追加や再調整の必要が生じて、TEL ANT のバリエーションがさらに増加する。

3.2. 自己相似型 TEL ANT 素子

どの国のどの携帯電話通信事業者との契約であっても共通に使用し得る性能が必要となるが、周波数比 1.1 前後で動作させる従来の共振型では、周波数帯のすべてに幅広く使用可能な特性を得ることは容易ではない。そこで TEL ANT 素子の動作形式には、共振型に代えて自己相似型を採用することとした。インストルメントパネル内での配置自由度を考慮すると、自己相似型アンテナのなかでもボウタイアンテナが、三次元立体構造ではなく一対の平板構造をその基本形状とする点で、有利である。

ボウタイアンテナは地中探査パルスレーダなどミリ波パルスを利用した広帯域レーダへの応用例が知られている⁽⁶⁾⁻⁽⁸⁾。

二つの円錐で構成された広帯域アンテナとして知られているバイコニカルアンテナを平面投影した構造であると言われ、蝶ネクタイのように頂点を互いに向き合わせた一対の三角形が基本構成となり、その実体寸法が使用可能な周波数を左右することが知られている (Fig. 2)。また三角形の斜辺を二次曲線や半円状に変形することで、周波数に対する利得特性を調整可能である⁽⁸⁾。

放射される電界の偏波は三角形の配列軸方向 (円錐の回転軸方向) と同一方向となるため、携帯電話の第 2 世代と第 3 世代とで主に利用されている垂直偏波を重視して、三角形の配列軸は上下方向を基本姿勢とした。

TEL ANT を GNSS ANT と同一ケースに組み合わせ収容する必要がない場合は素子の平板形状にあわせてケース外形も単純な平板形状となるが、GNSS ANT と組み合わせ収容する場合は配慮が必要となる。

新型 TEL ANT 素子の基本構造にボウタイアンテナを採用したことにより、第 4 世代携帯電話で予定されている

周波数帯 698 MHz から 3800 MHz、周波数比 5.4 に対応することができた。従来型 TEL ANT は共振周波数から外れると利得が急激に低下するのに対し、新型 TEL ANT は周波数利得特性の変化が 698 MHz から 2700 MHz の範囲で 2 dB 幅に収まる超広帯域特性を実現している (Fig. 3)。なお、この図は周波数利得特性を比較しやすくするために、698 MHz から 2700 MHz の範囲での最大利得を基準 0 dB として表示している。

定在波比 (Voltage Standing Wave Ratio: VSWR) は、アンテナと伝送線路とのインピーダンス整合を示す指標であり、最良値 1 から増加すると、アンテナの放射効率の低下などが発生しやすくなる。従来型 TEL ANT は共振周波数から外れると急激に値が上昇劣化するのに対し、新型 TEL ANT は 698 MHz から 3800 MHz まで全域で VSWR 3 を下回る超広帯域な特性を実現している。

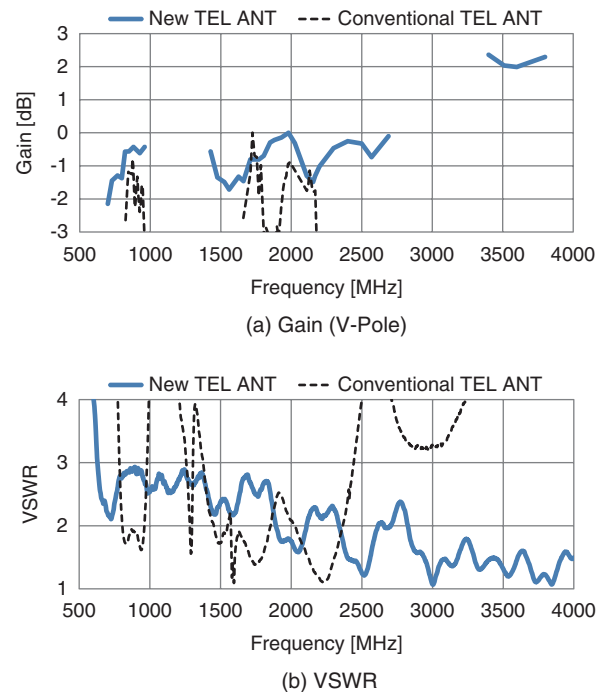


Fig. 3 Frequency characteristics

4. GNSS ANT

四輪車では以前からナビゲーション装置 (以下 NAVI 装置) に GNSS を利用してきた。米国により運用される全地球測位システム (Global Positioning System: GPS) の民生利用である。テレマティクスでも自転車位置情報を利用するため、NAVI 装置とテレマティクスユニット (Telematics Control Unit: TCU) とを同時採用する場合は、GNSS ANT が同一車両内に複数搭載されることがある。

また、前述したロシアでの GLONASS のように、自国の衛星システム採用を義務付ける例もある。米国

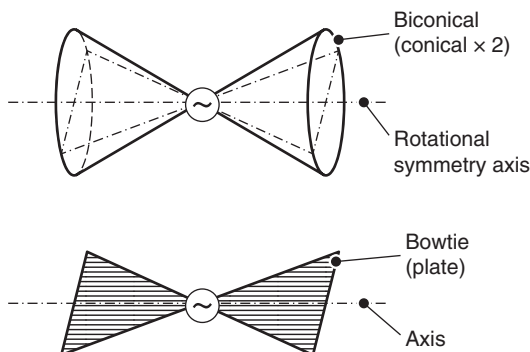


Fig. 2 Bowtie antenna

GPS とロシア GLONASS の民生利用周波数はそれぞれ 1575.42 ± 1 MHz と 1601.72 ± 4 MHz であり、ともに L1 帯に含まれる点では共通するが約 30 MHz の差が存在する。このため、GNSS 素子直下に一体的に保持される低雑音アンプ (Low Noise Amplifier: LNA) 内に構成される妨害波除去フィルタの特性を、双方の周波数を受信可能に調節する必要がある。

現在運用中の衛星測位システムには、例えば日本の準天頂衛星システム (Quasi-zenith satellite system: QZSS) など含まれるが、QZSS の周波数は GPS と基本同一であるため、アンテナ素子も GPS と同一としてよい。

NAVI 装置との同時適用有無の仕様差に対応して、GNSS 受信信号分配器を内蔵するタイプを設定した。分配器にはウィルキンソン型を採用し、GNSS 素子直下に配置する LNA の回路基板上に分配回路パターンを追加形成することで適用した。これにより、NAVI 装置と TCU とが同時採用となる場合には GNSS ANT を共有可能となり、GNSS ANT を同一車両に複数搭載する必要を無くすことができた (Fig. 4)。

GNSS 素子直下の LNA は、TCU や NAVI 装置からの電源供給により動作する。

NAVI 装置が供給する電源電圧は 4.5 V から 5.0 V 系が主流である。一方、TCU からの電圧は NAVI 装置とは異なる場合がある。緊急通報を代表例として、車両からの電源供給が絶たれても TCU は内蔵電池を用いて最低限の動作継続時間を確保する必要がある、この際に電源電圧を下げることで低消費電力とする手法が一般的なためである。

一方で NAVI 装置や TCU には、LNA への供給電流を監視することでアンテナ接続忘れ、断線、短絡などを検知する機能がある。GNSS 分配器有りタイプのアンテナに接続されたユニット相互間で供給電圧に違いが生じる場合、電源回り込み対策として単純な逆流防止措置を採用したのでは、供給電流監視を正しく機能させることが容易ではない。そこで LNA 基板上に電源選択切換え回路を設け、二つのシステムが同時接続されている場合は一方の側を LNA 電源として用い、他方の側を擬似負荷へ接続する構成とした (Fig. 5)。

図の Unit #1, Unit #2 のどちらか一方だけに接続した際には、接続した側から LNA に電源供給する。Unit #1 と Unit #2 に同時に接続した際には、Unit #2 だけが LNA の電源として接続され、Unit #2 からの電源は擬似負荷の抵

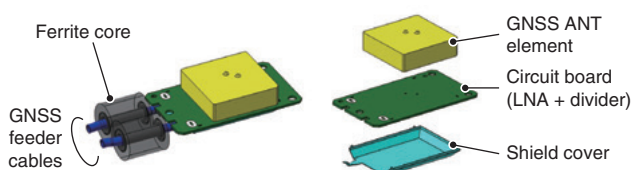


Fig. 4 GNSS ANT element and circuit board

抗 R に接続される。

以上により、アンテナに接続されたユニット相互間で供給電圧に違いが生じていても、電源回り込み防止機能と供給電流監視機能を両立させた。

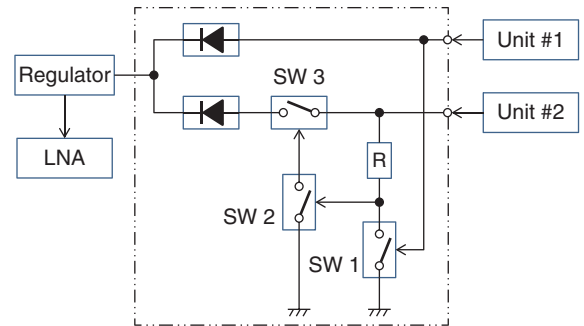


Fig. 5 Power supply switching circuit

5. 小型化

前述した通り、TEL ANT 素子のボウタイアンテナを構成する三角形の配列軸は上下方向となる。一方、GNSS ANT 素子は LNA 付きパッチアンテナであり、開けた天頂方向に素子面を向けた水平配置である。これらを一体的に配置する場合は TEL ANT 素子の上辺沿いに GNSS 素子を並べた逆 L 字型または T 字型となり、横幅と高さ寸法は TEL ANT 素子により、奥行き寸法は GNSS ANT 素子により、それぞれ定まる。両者全体を収容するケースを単純に設けると、GNSS ANT 素子の下方と TEL ANT 素子とで挟まれる空間がデッドスペースとなるため空間利用効率が低く、インストールパネル内の配置自由度を低下させてしまう。このため内部配置構造を検討した [Fig. 6(a)]。

ボウタイアンテナは、素子形状の変形やスロットの設置などにより、小型化や広帯域特性の調整が可能なが知られている⁽⁶⁾。そこで、ボウタイアンテナの上側素子を途中で下向きに折返す構造とし、GNSS ANT 素子の高さ寸法だけ折返した位置から GNSS ANT 素子の奥行き寸法に合わせた水平部を設け、最後に GNSS ANT 素子の高さ寸法分の上向き折返し部を設けた。これにより GNSS ANT 素子の側面を、TEL ANT 素子の折返し部の二箇所が所定間隔を保って囲むこととなる [Fig. 6(b)]。一方、ボウタイアンテナの下側素子は GNSS ANT 素子と重ね合わせる必要が無い。このためケース本体には収容せず外部に延出させることとした。ケース底部から下方に保持部を伸ばして下側素子をはめ込み固定する構造である。

下側素子にもスロットを複数設けており、その一部はガイド部へのはめ込み固定穴を兼ねている。

以上の構成により、ケース高さ寸法の小型化と同時に、GNSS ANT 素子の保持構造を形成し、ケース空間内の利

用効率を上げることができた。

高周波電力の給電線には、外来電磁波による妨害、漏れ電力による損失、配線作業における取扱い性、製造コストなどの観点から、同軸ケーブルの採用が一般的である。

同軸ケーブルは外部導体と中心導体の同軸構造で構成される不平衡型の給電線であるが、ボウタイアンテナは一對の対称素子構造を基本形とする平衡型アンテナである。このように平衡型と不平衡型を接続する際には、バランを用いて平衡不平衡変換を施す手法がある⁽⁷⁾。しかし周波数比5.4の広帯域に対応するバランは構成が複雑化しがちなために採用が容易ではない。また、TEL ANT 素子の一部に GNSS ANT 素子を搭載する小型化構造としたために、GNSS ANT 側の同軸ケーブル外部導体にも漏洩電流が誘導される懸念が生じた。そこで、TEL ANT 用と GNSS ANT 用それぞれの同軸ケーブルにフェライトコアを装着し、漏洩電流を抑制することとした。

フェライトコアの形状は、同軸ケーブル仕上がり外形によってコア内径が定まり、磁性特性によってコア外径とコア軸長が定まる。前述のように小型化したケース本体内部

に TEL ANT 用1個と GNSS ANT 用2個、計3個のフェライトコアを収容するスペースが新たに必要となる。そこで、コア外径3個分のスペースは、フェライトコアを上下2段に配列することでケースの拡大を抑制した。コア軸長分のスペースは、ボウタイアンテナの軸線をケース左右幅方向中心に対してオフセットすることで確保した。この軸線オフセットによるボウタイアンテナの性能特性への影響は、素子の斜辺形状の調整などで対応可能な範囲である [Fig. 6(c)]。

以上により、従来のインストールパネル内蔵用アンテナとの体積比で約50%の小型化を達成して、インストールパネル内への配置自由度を向上した。

NAVI 装置等との同時採用がない場合には分配器を内蔵しないタイプを選択可能とすればよいので、新型アンテナのバリエーションは (a) GNSS ANT 分配器有り、(b) GNSS ANT 分配器無し、(c) TEL ANT 単独、の全3タイプとなる。

外観上は、GNSS ANT の有無と、同軸ケーブルの本数およびコネクタ極数で、見分け可能である (Fig. 7, Fig. 8)。

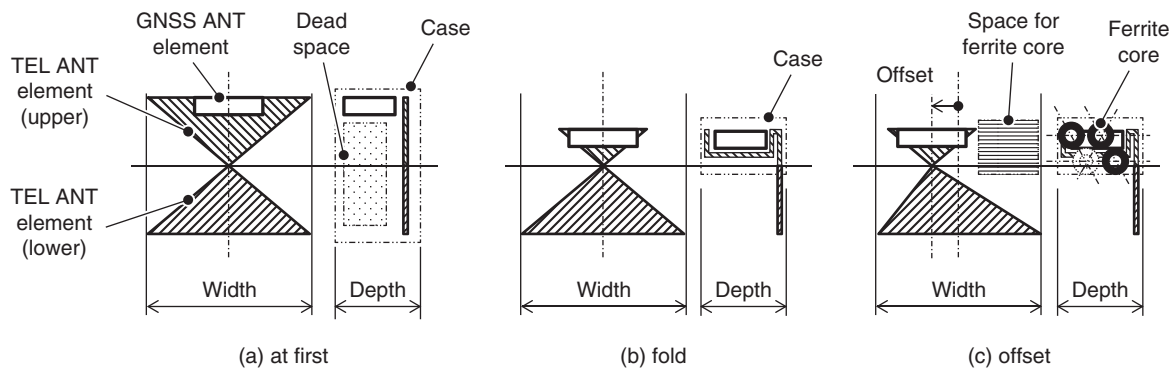


Fig. 6 Configuration concept for TEL ANT and GNSS ANT elements

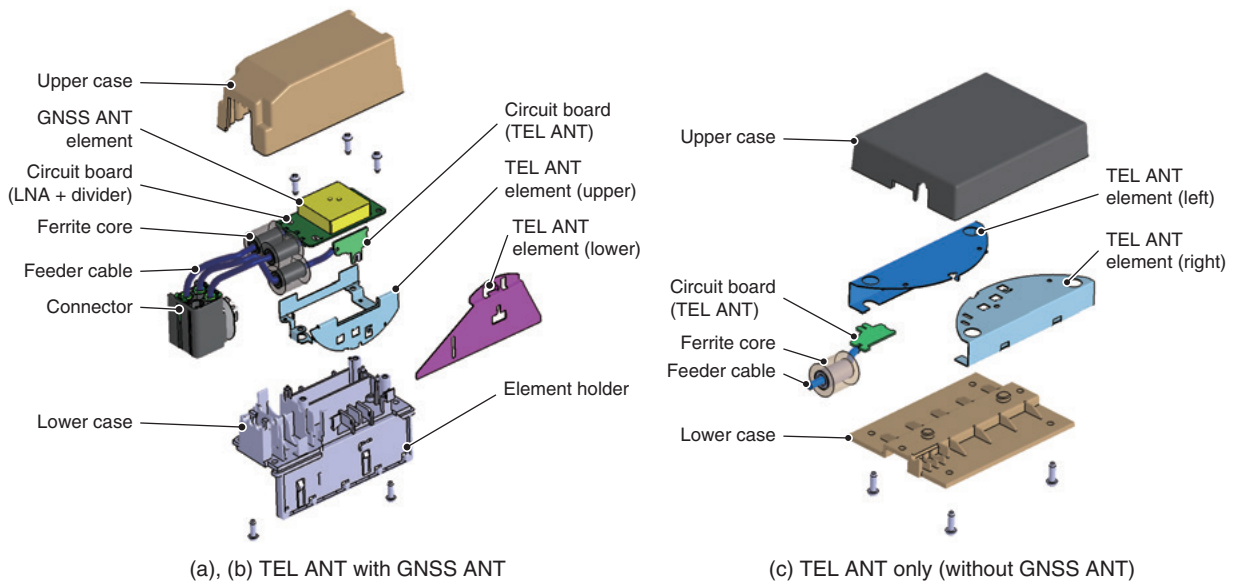


Fig. 7 Configuration of new antennas

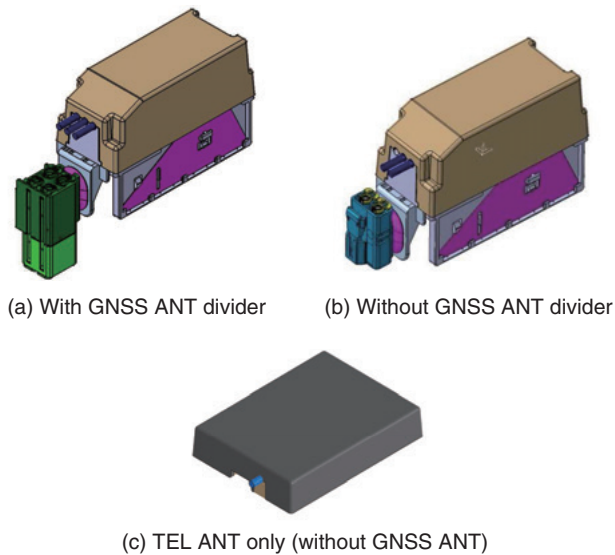


Fig. 8 Appearance of new antennas

6. まとめ

今回新たに開発したテレマティクス用アンテナは、契約携帯電話通信事業者の使用免許周波数を問わず、グローバルに適用可能である。「全世界対応」コンセプトのもと、開発目標を以下の通り達成した。

- (1) TEL ANT 素子にボウタイアンテナを採用し、698 MHz から 3800 MHz までの周波数比 5 を超える広帯域を実現することで、LTE 方式で利用する周波数帯全てをカバーした。
- (2) GNSS ANT は、従来利用されてきた米国 GPS だけでなく、ロシア GLONASS にも対応するとともに、内蔵 LNA の回路基板上に信号分配器と供給電源切換え回路を内蔵し、衛星測位システムを利用する他システムとの信号分配共用を可能とした。
- (3) 従来体積比 50% の小型化を達成して、インストールメントパネル内への配置自由度を高めた。

参考文献

- (1) 今井武, 柘植正邦, 菅原愛子: インターナビ・フローティングカーシステムと渋滞予測について, IATSS Review, Vol. 31, No. 1, p. 39-45, (2006)
- (2) <http://world.honda.com/news/2011/c111109Good-Design-Awards/>, 2012/10/18
- (3) ETSI: Mobile Standards Group (MSG); eCall HLAP Conformance Testing; Abstract Test Suite (ATS) and Protocol Implementation eXtra Information for Testing (PIXIT), ETSI TS 103 321 v1.1.1, (2015-04)
- (4) Rabinovich, V., Alexandrov, N., Alkhateeb, B.:

Automotive Antenna Design and Applications, CRC Press, p. 107-149, (2010)

- (5) 小岩正明, 井上文義, 岡田隆: マルチバンド移動端末の開発, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル Vol. 14, No. 2, p. 31-37, (2006)
- (6) 電子情報通信学会 (編): アンテナ工学ハンドブック (第2版), オーム社, p. 187, p. 547, (2008)
- (7) Fujimoto, K. (editor): Mobile Antenna System Handbook (Third Edition), ARTECH HOUSE, p. 543-587, (2008)
- (8) 村田一平, 宮崎保光, 後藤信夫: スロット付半円形型ボウタイアンテナの広帯域特性解析, 電気学会論文誌C Vol. 124, No. 12, p. 2421-2426, (2004)

■ 著 者 ■



片山 睦



昆野 靖弘



曾根 孝之