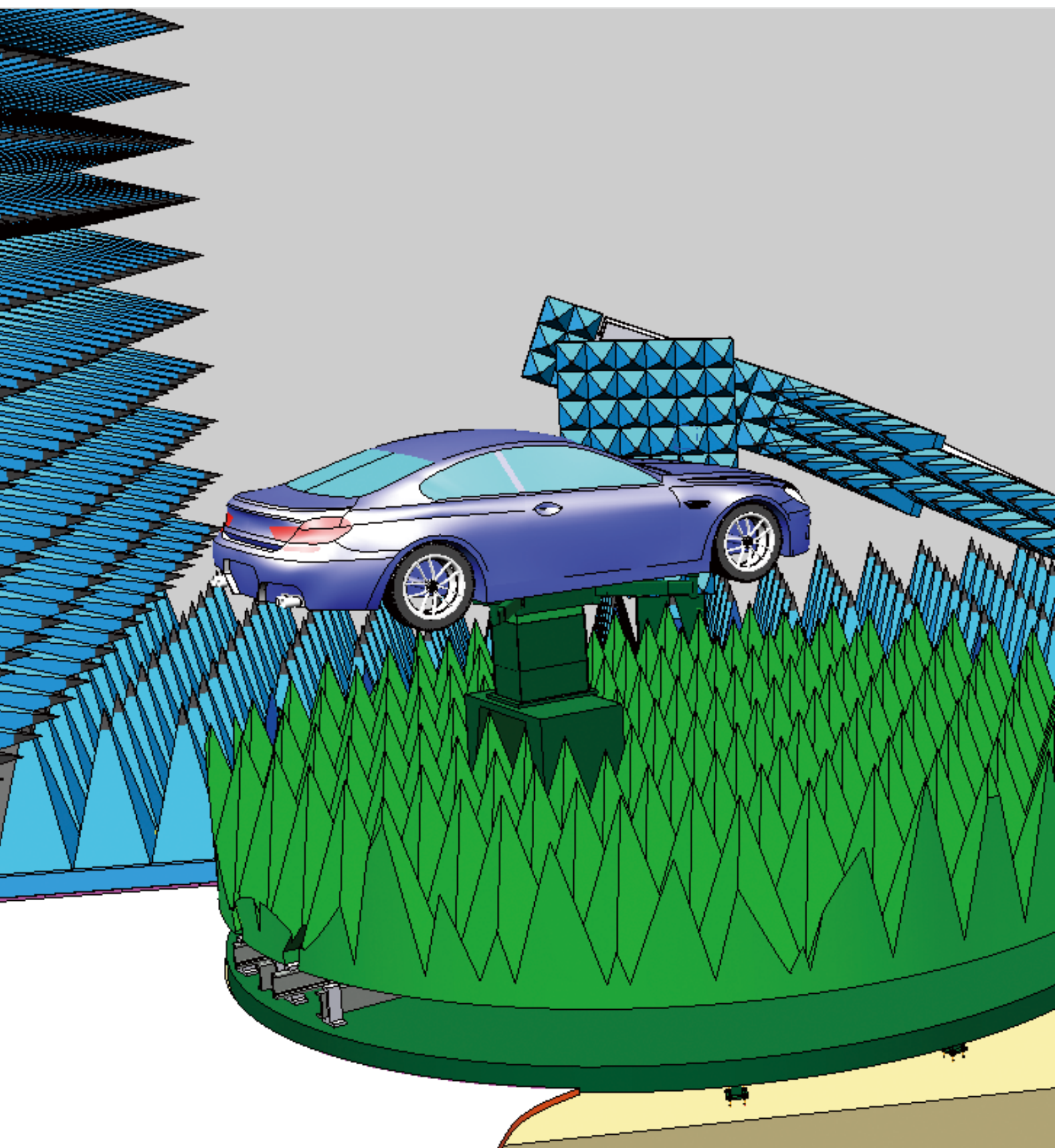


“はかる”技術で未来を創る



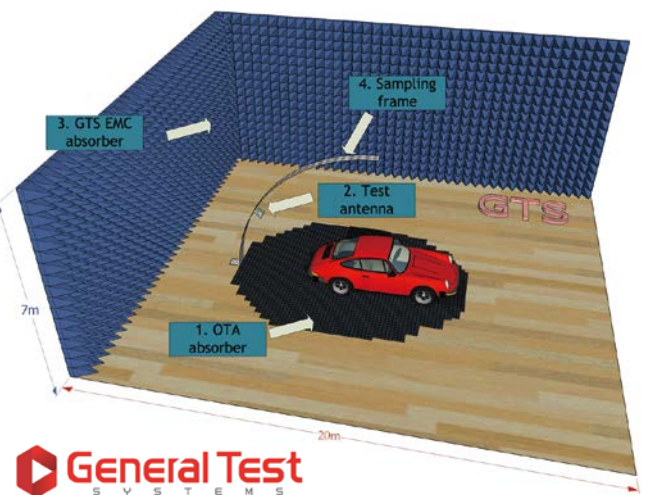
車載アンテナ・ワイヤレス通信システムの評価

自動車MIMO OTA測定ソリューション



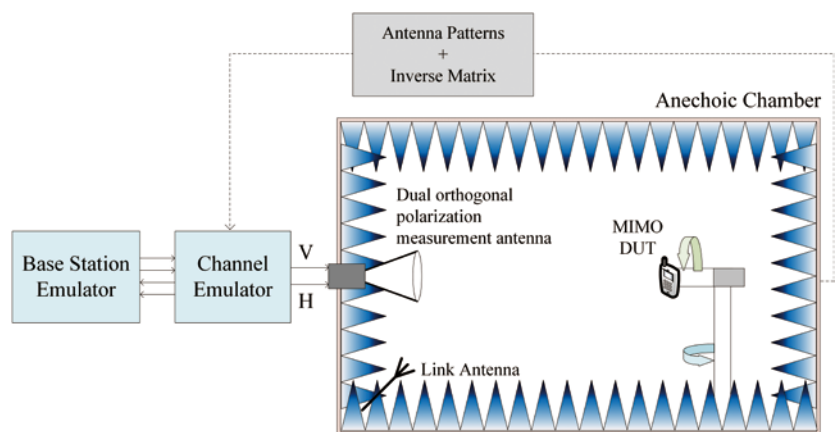
V2x 通信の評価

「コネクテッドカー」という言葉に代表されるように、自動車がワイヤレス通信を行うことで多彩な機能が実現されるようになってきました。ITS(高度道路交通システム)の構想では、見通しの悪い交差点などで車両同士がワイヤレス通信によって情報をやり取りする「V2V」(車々間通信)、インフラからの情報(信号機情報、規制情報、歩行者情報など)を路側機から車両に対し電波によるワイヤレス通信を介して送信する「V2I」(路車間通信)といった安全運転を支援する「V2x」の技術が開発されています。複数のアンテナ間で通信を送受信させ、複数の独立した伝搬路を形成させることで通信容量を増大(マルチストリーム伝送)させたり、通信エラーを少なく(シングルストリーム重畳伝送)したりすることのできるMIMO(Multiple Input Multiple Output)技術を使ったワイヤレス機器が、これからの車に実装されていくこととなります。通信性能を担保するためには、通信品質に対する評価は極めて重要であり、需要は増大しています。特に自動運転を目的としたワイヤレス機器を実装するとき、安全性に直結するため絶対的な通信性能の保証が必要です。しかしながら、車載ワイヤレス機器の性能を評価するにあたり、金属製の大きな車体や車内に実装されている他の電子機器による干渉を無視することはできません。MIMOテクノロジーを用いたワイヤレス機器が実装されている車に対しては、MIMO機能によるスループット性能(通信データの伝送容量)を評価するMIMO OTA(Over The Air)試験で評価する必要があります。



● 放射2ステージ法MIMO OTA測定

ワイヤレス機器のアンテナを経由して接続し性能評価することをOTA性能試験と呼びますが、この試験にはいくつかの方法があります。マルチプローブ法、リバレーションチャンバ法、そして2ステージ法(Conducted Two Stage:CTS法)などです。最も一般的なマルチプローブ法の場合、自動車の大きさに対応するため測定システムが大規模なものとなりそれに伴って大きなコストがかかります。そこで、General Test Systems社(GTS社)は、自社開発したRadiated Two Stage(RTS)法を自動車用MIMO OTA試験に適用することにより、コストの削減を図ることができる新しい自動車MIMO OTA測定ソリューションを提案しています。RTS法は、CTS法を改良した2ステージ法の一つであり、CTS法のすべての利点を踏襲しながら、問題点を解決した方法です。GTS社から標準化団体である3GPPに提案され、2018年3月に新しく規格(TS 37.544 v14.5.0(2018-03))に追加されました。



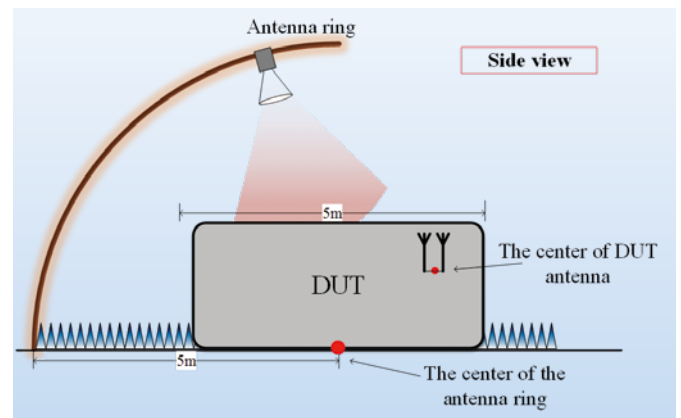
第1ステージ:従来の一般的な電波暗室で複数のアンテナブランチの放射特性を試験します。その測定システムは、送信と受信の両方の放射性能に対して完全な3次元アンテナパターン測定を実行し、二つの直交直線偏波成分(一般に θ 偏波と ϕ 偏波)を測定する必要があります。互いに独立したアンテナパターンを測定するために、DUTはアンテナの振幅と相対位相を測定します。

第2ステージ:第1ステージで測定したアンテナパターンをMIMO伝搬チャンネルモデルと組み合わせます。さらに、電波暗室内の測定アンテナから、測定空間およびDUTのアンテナまでのRF経路に相当する部分の逆行列を計算し、このRF特性をキャンセルさせるように試験信号を生成します。DUTを電波暗室に固定(送信アンテナに対して位置と方向の両方)したまま、MIMOチャンネルモデルをチャンネルエミュレータにてエミュレートし、送信アンテナに信号を供給してMIMOスループット試験を実行します。

2x2MIMOスループット試験構成では、一つの測定アンテナの水平および垂直偏波を二つの独立した測定アンテナとして使用することができます。RFケーブルではなく空間を介して試験信号を送信することによりDUTのアンテナは接続されたままであり、MIMOスループットは中断することなく測定され、感度劣化と自己干渉の影響を評価することができます。第2ステージでDUTへのケーブル接続がないため、DUTは試験全体に影響されずに電波暗室に設置されたままで測定できます。

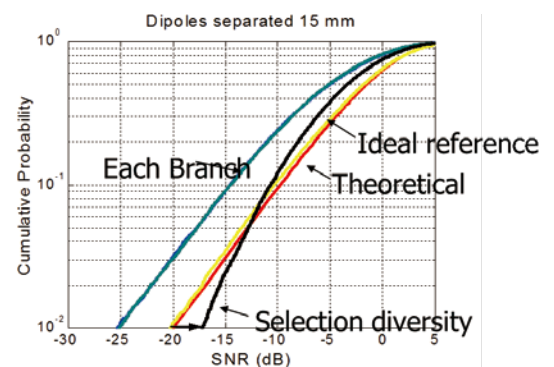
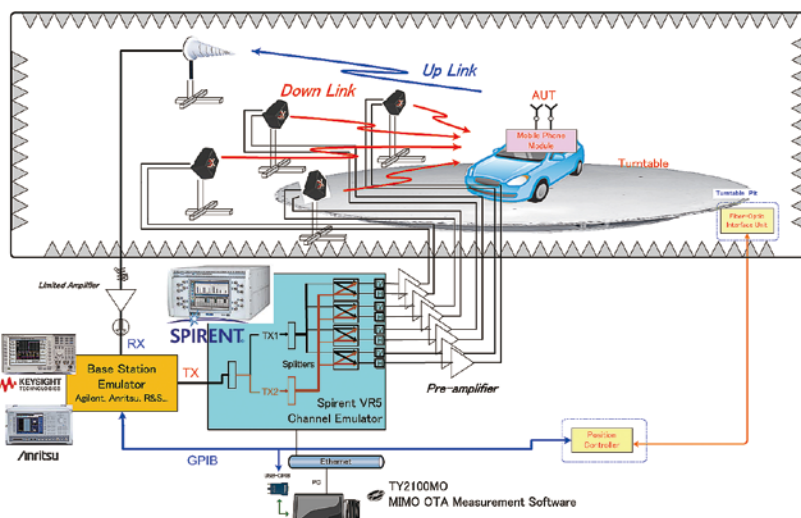
● 波源再構築法ニアフィールド・ファーフールド変換

アンテナ放射パターン測定の際には、ターンテーブルの回転中心にDUTのアンテナを設置するのが一般的です。しかしながら、自動車の車体サイズが大きいので、直径6mのターンテーブルを装備した電波暗室であっても、車両の端にアンテナが設置される場合はこれを回転中心に置くことができません。また、セダンとワンボックスでは車両高さが異なるため、ルーフにアンテナが設置される場合は3次元放射パターン測定に使用されるガントリー(もしくはアーチ)の昇降機構がなければ、仰角の回転中心に合わせることができません。放射パターン測定においては、波源が回転中心にあることが前提であるためこれらの設置位置のズレが大きなエラー要因になります。GTS社が提供する「波源再構築」法の球面ニアフィールド・ファーフールド変換ソフトウェアには、アンテナの波源位置を修正する機能があるため、このような設置上のズレを補正して正確なファーフールド放射パターンデータを得ることができます。



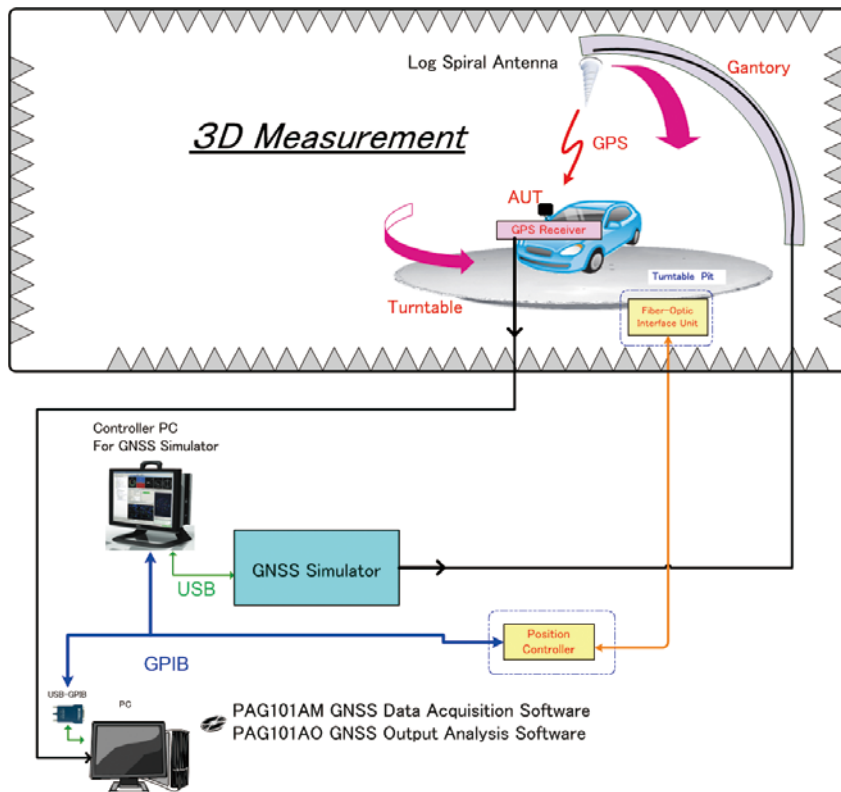
● MIMO マルチアンテナの特性評価 (相関、ダイバーシチゲイン)

MIMOの十分な伝送性能を得るには、複数の独立した伝搬路を得ることが重要です。いくらアンテナ単体の性能が優れていても、それぞれのアンテナから信号が受信されてしまえば、独立した伝搬路は得られません。つまりアンテナブランチ間の特性である、相関係数が重要となります。相関が低いほど、独立した信号を受信していることとなります。また、アンテナエレメント同士が近くにあると、相互に影響を受け(カップリング)、アンテナの効率が低下します。MIMOでのアンテナ要求は、単体の性能よりも、それぞれのブランチの位置関係や実装周辺環境の考慮が必要となります。従来、アンテナの評価といえば、反射波の無い自由空間を模擬した電波暗室内で、アンテナの放射パターンや利得を測定していました。では、マルチアンテナを使う場合、どのような評価をすればいいでしょうか。受信ダイバーシチにしてもMIMOにしても、反射波の存在するマルチパス環境での動作を前提としたアンテナシステムですので、やはりそれに近い環境が望ましいです。直接波がなく、反射した到来波の数が十分に大きい伝搬路では、複素受信信号のI、Q成分は、正規分布になります(振幅変動と位相変動がランダム)。このとき受信信号の振幅はレイリー分布になっており、レベルがほぼ等しい多くの散乱波の合成によってできる環境と考えられます。レイリー分布したフェージング環境下にアンテナを置き、十分な時間、受信レベルを観測すると、ある確率で受信レベルの低い状態(フェージング・ディップ)になります。受信レベルデータの累積確率分布をグラフ化して比較することによって、受信レベルの低い状態がどの程度改善されるかを定量的に評価することができます。同じアンテナの組を、配置を変えて測定すると、ダイバーシチ効果が評価できます。つまり、アンテナ単体の性能が同じでも、配置によってダイバーシチ効果は大きく変わるということです。このことは、マルチアンテナシステムにおいては、アンテナ素子の実装が、受信性能に大きく影響するということを意味しています。



● GNSS レシーバの受信感度評価

衛星から到来するGNSS信号のレベルは極めて小さいため、他の干渉信号の妨害を受けやすくなります。このため、実装状態でのGNSS受信感度テストは、GNSS受信系の実用性能を確認するために大変重要です。GNSS信号を送信アンテナからある一定レベルで送信した場合、 $g(\theta, \phi)$:方位角及び仰角の関数で表されるC/N値は、自車体形状、自車ノイズを含んだトータルなGNSS受信感度のパターンを意味します。GPS受信チップセットはNMEAレポート出力機能を持っています。NMEAはGPS受信機とナビゲーション機器の間をシリアルポートを利用して通信するための規格です。このNMEAデータには、受信したGPS衛星に対応したそれぞれのC/N値があります。空間ロスを含むRF経路のキャリブレーションを行い、被試験アンテナの位置でGPS信号レベルが-130dBm(実効等方性受信レベル:EIS)で一定になるようにします。



システム性能の例

サイズ

電波暗室: 20m × 20m × 7m (L*W*H)
ターンテーブル: 6m 直径

試験対象アンテナ

携帯電話(2G, 3G, 4G LTE, 5G sub 6GHz)
Wi-Fi(2.4GHz, 5GHz)
GNSS
DSRC(ETC)
衛星ラジオ
デジタル TV
DAB
V2x

試験対象ワイヤレス機器

SISO
携帯電話(2G, 3G, 4G LTE)
MIMO
携帯電話(4G LTE, 5G sub 6GHz)
Wi-Fi(11g, 11a, 11n, 11ac)

株式会社 東陽テクニカ EMCマイクロウェーブ計測部

〒103-8284 東京都中央区八重洲1-1-6
TEL.03-3245-1244 FAX.03-3246-0645 E-Mail: emc@toyo.co.jp
<http://www.toyo.co.jp/emc/>

大阪支店 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原1-6-1 (新大阪ブリックビル) TEL.06-6399-9771 FAX.06-6399-9781
名古屋営業所 〒465-0095 愛知県名古屋市中区高社1-263 (一社中央ビル) TEL.052-772-2971 FAX.052-776-2559
宇都宮営業所 〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷2-4-3 (宇都宮大塚ビル) TEL.028-678-9117 FAX.028-638-5380
電子技術センター 〒103-8284 東京都中央区八重洲1-1-6 TEL.03-3279-0771 FAX.03-3246-0645
テクノロジーインターフェースセンター 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町1-1-2 TEL.03-3279-0771 FAX.03-3246-0645

