

人の体を信号経路としたヒューマンエリア・ネットワーク技術 “レッドタクトン”

使いやすいユビキタスサービスの実現には、手を伸ばせば触れることのできる目の前の人や物とのコミュニケーションを可能とする技術が非常に重要と考えられます。本稿では、日常生活において触れることの自然感・必然性・安心感に着目し、触れることと通信を連動させるヒューマンエリア・ネットワーク技術 “レッドタクトン (RedTacton)” について述べます。

しながわ みつる^{†1} おちあい かつゆき^{†1}
品川 満 / 落合 克幸
さかもと ひでき^{†2} あさひ としあき^{†2}
阪本 秀樹 / 朝日 利彰

^{†1}NTTマイクロシステムインテグレーション研究所

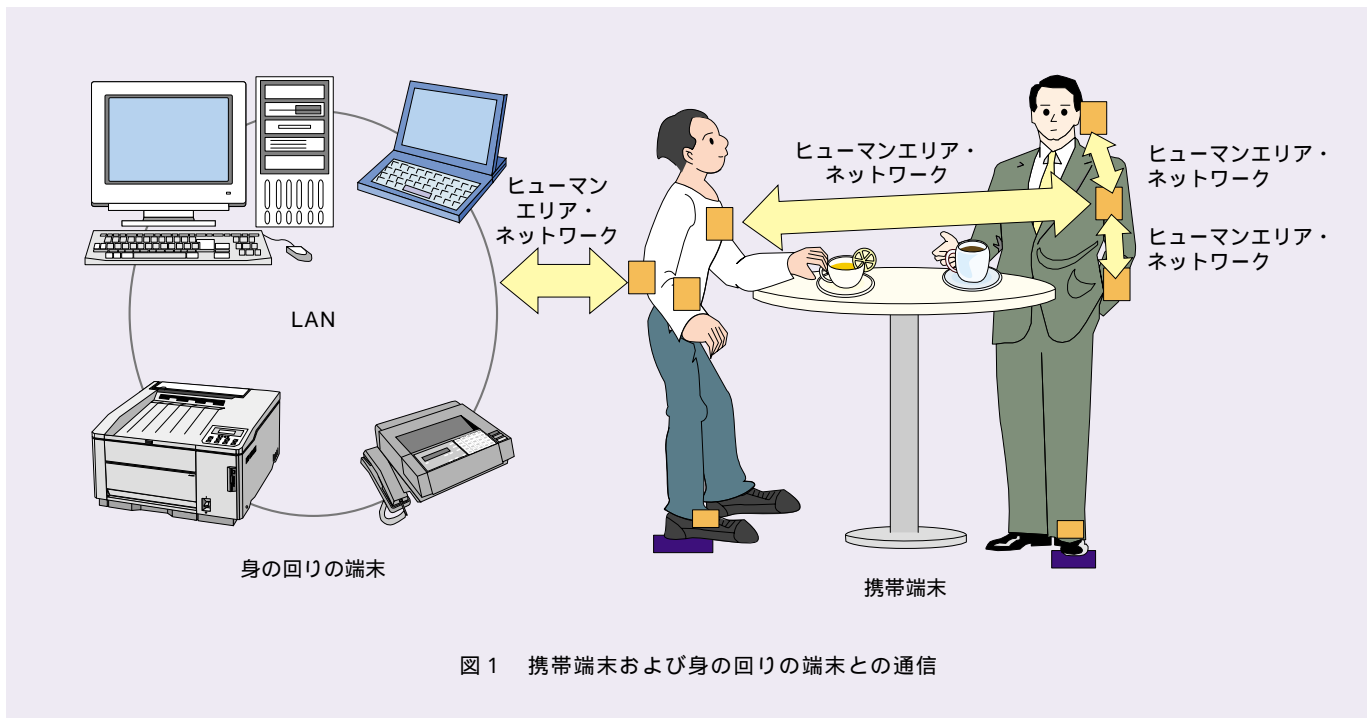
^{†2}NTT第三部門

求められるヒューマンエリア・ネットワーク技術

携帯電話により、「いつでも、どこでも、誰とでも」通信できるようになり、ブロードバンドネットワークにより家庭で大容量のデータが短時間にダウンロードできるようになりました。これらに用いられている通信技術は基本的

に遠く離れた端末との通信を実現するものです。一方、PDA (Personal Digital Assistants)、携帯ゲーム機、デジタルカメラ等、情報機器の小型化が進んだことにより、日常生活において携帯端末を手にする機会が増えました。将来は、さらに多種多様な携帯端末や端末 (コンピュータ) が身の回りに遍在するいわゆるユビキタスコン

ピューティングの時代が到来するといわれています。使いやすいユビキタスサービスを実現するには、前述の遠く離れた端末との通信だけではなく、図1に示すように身につけた携帯端末間および生活空間に遍在する端末間の通信技術が極めて重要となります。その考えから、ヒューマンエリア・ネットワーク技術の研究開発が進められています。



ヒューマンエリア・ネットワーク技術として、ケーブルで携帯端末間を接続した有線の場合には、ケーブルが絡まり不便であることは明かです。Bluetoothや無線LAN（IEEE802.11bなど）のような微弱電波による無線通信の場合には、展示会場等の混雑した場所ではパケット衝突による通信速度の低下や、意図しない電波傍受によるセキュリティ問題が指摘されています。また赤外線方式（IrDA: Infrared Data Association）では、通信する携帯端末間で光軸を合わせなければならないという問題があります。

このような既存技術の課題をすべて解決する究極のヒューマンエリア・ネットワーク技術としては、人の体を信号経路として利用する人体通信技術があります。ユビキタスサービスは、もともと人間を中心に周囲の携帯端末が通信するものですから、必ずその場に存在している人の体そのものを情報の伝送路として使うことができれば、接続の手間やセキュリティなどの面で理想的なヒューマンエリア・ネットワークが実現されることとなります。

人の体の表面に微弱な電気信号を伝搬させる人体通信技術は、IBMから提案され⁽¹⁾、いくつかの研究機関からも通信メカニズムの解析や実証実験について報告されています。しかし、いずれの報告も人の体の上での通信可能距離が数十センチと短く、最高伝送レートも40 kbit/s程度とあまり高速ではありません。この理由は、受信回路に電氣的センサを用いているためです。電氣的センサは基本的に信号線とグランド線の二線通信であるため、人体通信のように信号線（人体）しか存在しない非平衡伝送線路では、

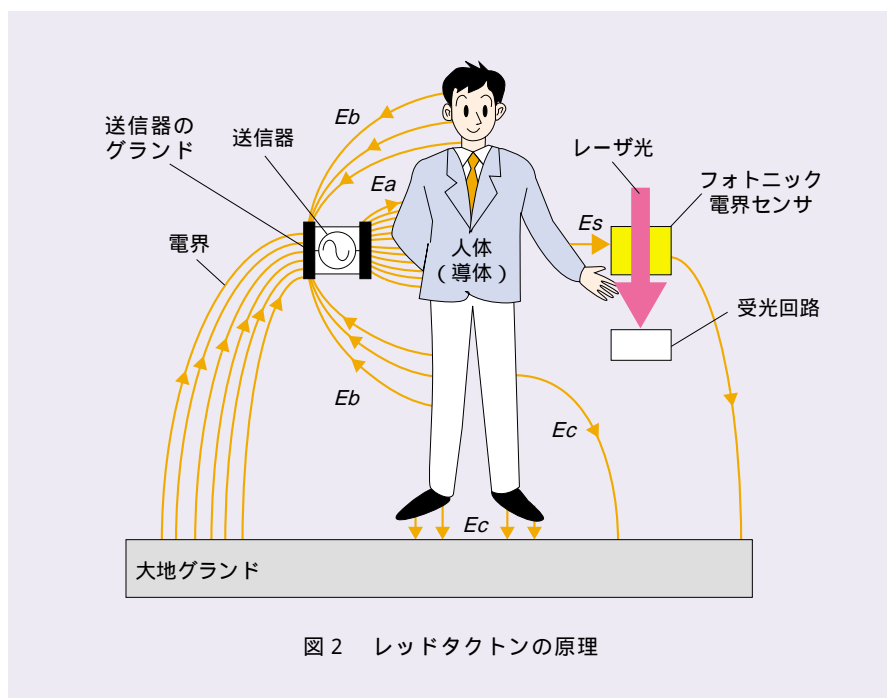


図2 レッドタクトンの原理

信号を正しく伝えることができませんでした。

NTTのヒューマンエリア・ネットワーク技術“レッドタクトン”

NTTでは、電気光学結晶とレーザー光の組み合わせによるフォトリック電界センサ技術について研究開発を進め、高周波エレクトロニクスデバイス計測への応用について報告しました⁽²⁾。

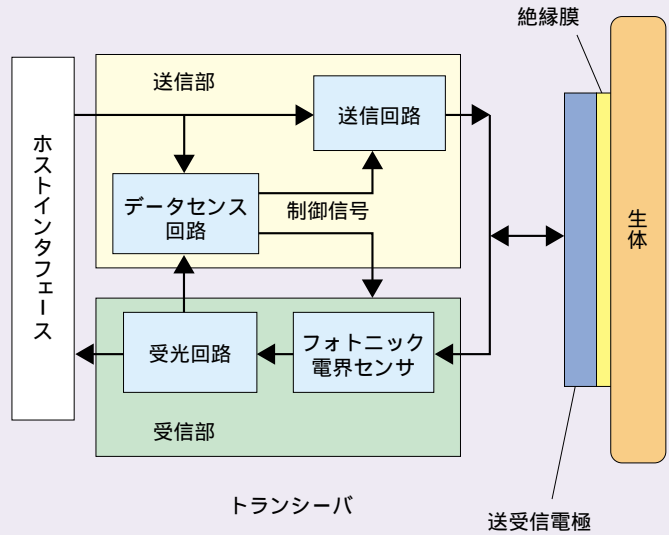
フォトリック電界センサの特徴として、計測対象から発生する電界を非接触で測定するため計測対象への擾乱が少ない測定が可能であること、広帯域測定が可能であること、グランドに依存しない単点接触測定が可能であること、が挙げられます。このフォトリック電界センサの3番目の特徴「グランドに依存しない単点接触測定機能」を人体通信の受信回路に適用したものが、NTTのヒューマンエリア・ネットワーク技術“レッドタクトン^{*}”です。

レッドタクトンの原理を図2に示します。送信器の信号電極から人の体に誘起される電界を E_a とします。送信器の信号電極の近くには、必ずグランドが存在しますので、人の体に誘起された電界がそのまま送信器のグランドに戻る電界(E_b)があります。また人は通常大地グランド上に立っているので、体全体から大地グランドに逃げる電界(E_c)があり、特に足から逃げる電界の割合は、大きなものとなります。人の体に誘起した電界(E_a)とこの2つの電界(E_b, E_c)の差分の電界(E_s)が受信器のセンサに到達します。センサに到達した電界(E_s)が電気光学結晶に結合し、結晶の光学的性質が変化します。その変化の度合いをレーザー光で検出し、受光回路

* レッドタクトン (RedTacton)：触れる (Touch) ことで通信が発生し、さまざまな反応を引き起こす (Act on) ことから、Touchと Act onを組み合わせた造語 (Tacton) に温かみのある通信という意味で赤 (Red) を加えました。



(a) 外観



トランシーバ

(b) 構成

図3 開発したレドタクトン・トランシーバ

でデジタルデータに変換します。

レドタクトン・トランシーバ

今回NTTで開発したレドタクトン・トランシーバをPDAに接続した写真と、レドタクトン・トランシーバの構成⁽³⁾を図3に示します。送信部は、人の体に電界を誘起する送信回路とデータセンス回路で構成されています。データセンス回路は、送信データあるいは受信データを検出して送信あるいは受信モードを判別し、それぞれのモードに対応した双方向通信用の制御信号を出力しています。IEEE 802.3プロトコルに準拠し、各端末間からのパケット衝突を避けるため、受信データがないことを確認してから送信する受信優先の半二重方式となっています。受信部は、フォトニック電界センサと、センサから出力される微弱信号を増幅しデジタルデータに変換する受光回路から構成されています。

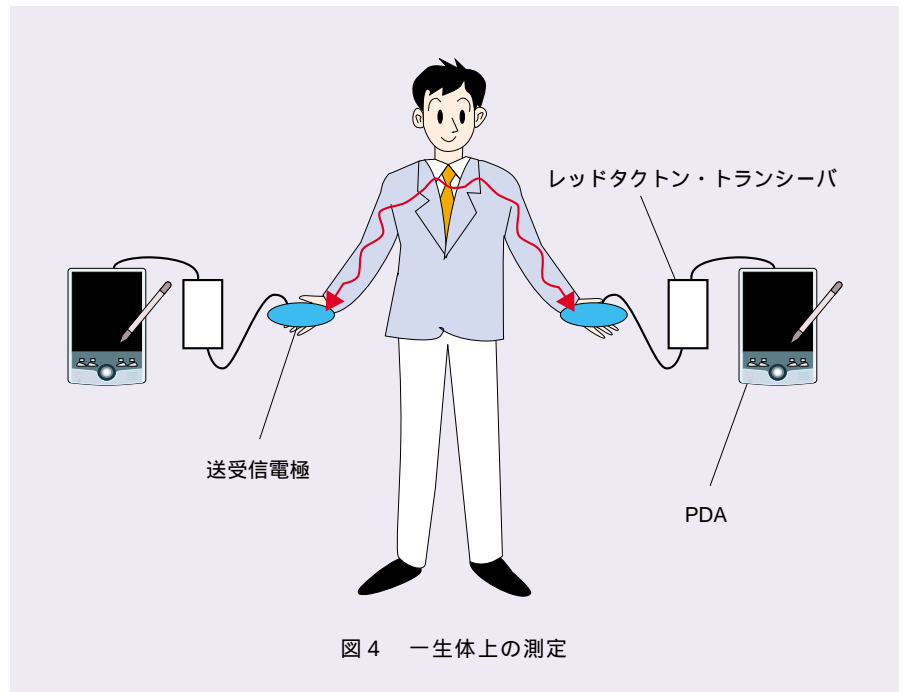
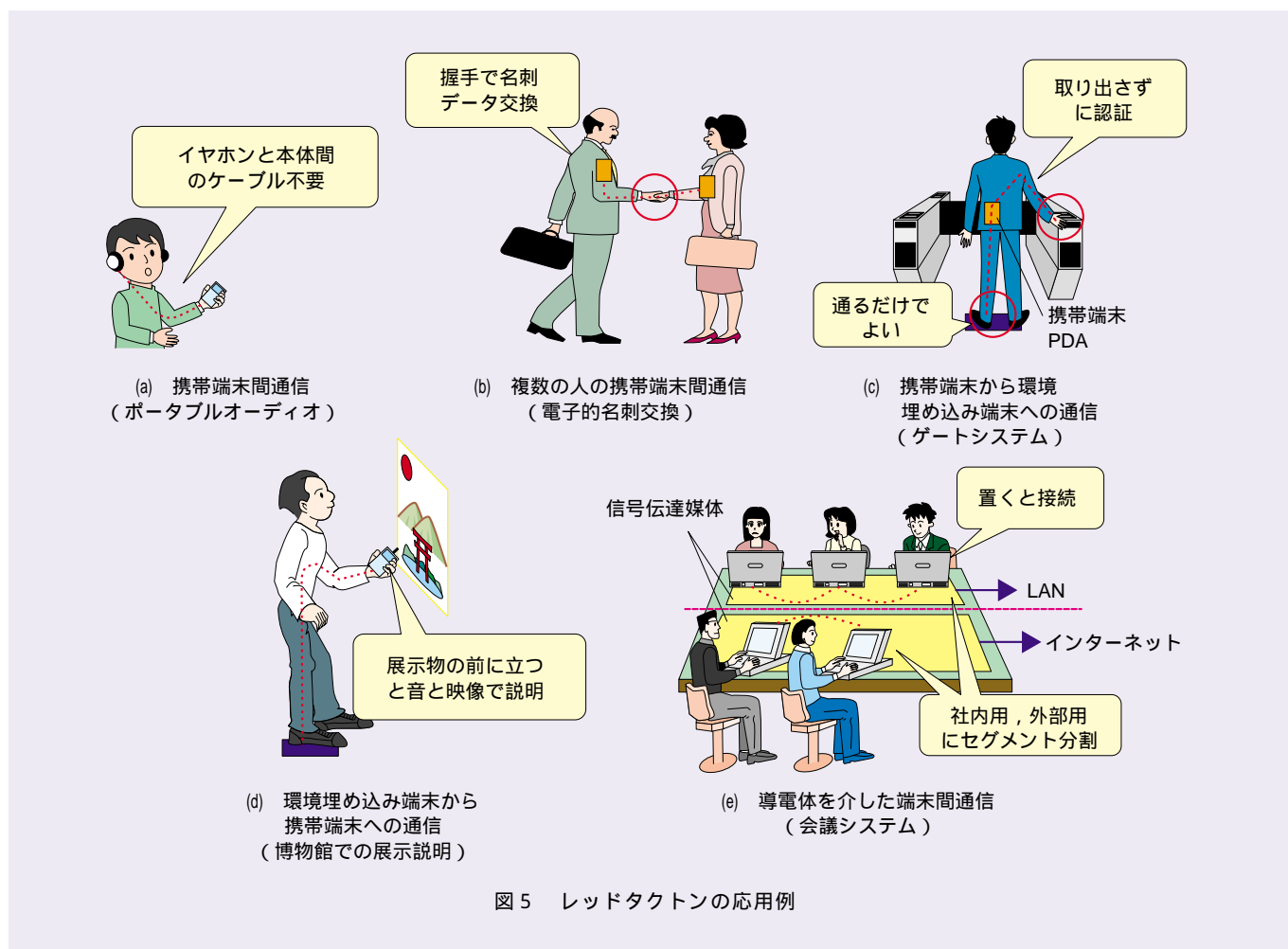


図4 一生物上の測定

次に、レドタクトン・トランシーバを用いて実際に人の体の上で行った伝送実験について説明します。携帯端末間の通信を想定した一生物測定系を図4に示します。レドタクトン・

トランシーバを接続したPDAのセットを2つ用意し、それぞれの送受信電極を右手と左手で持ち、エラーレートを評価しました。その結果、最大通信速度10 Mbit/sで実用上問題ないエラー



レートであることを確認しました。両手間以外にも、足から手の先など、人の体の他の2点間での通信も確認しました。また人の体だけでなく、洋服や靴を介した通信も確認しました。

人の体への安全性

人の体への安全性について説明します。図3に示したようにレッドタクトン・トランシーバの送受信電極は絶縁膜で覆われており、伝送路となる人の体とは完全に絶縁されています。すなわち外部から人の体へは電流は全く流れ込まない構造となっています。

ただし、通信時には人の体が微弱な電界を間接的に受けることになるため、

人の体の内部にもともと存在する電子が移動し誘導電流が発生します。しかし、この誘導電流は日常生活においてごく普通に発生している部類の電流です。誘導電流に関する人体への安全基準が総務省から示されており⁽⁴⁾、レッドタクトンはその基準を満たしていることを確認しています。

レッドタクトンの用途

人の体を信号伝送経路としたレッドタクトンには3つの機能的特徴があります。1つ目の特徴は、人間が触れることによって自動的に伝送路が形成され、携帯端末間の通信が開始されるということです。触れるだけでなく、握

る、座る、歩く、踏むといった自然な動作によって通信を開始し、それが機器動作や情報入手などのトリガーとなります。2つ目の特徴は、通信における高速双方向性と同時使用しても帯域が落ちないことです。レッドタクトンでは、RFID (Radio Frequency Identification) のように一方的に短いIDを送るだけでなく、携帯端末間で双方向の大量情報交換が可能です。また無線技術と異なり、狭い空間内であっても、人の体ごと(あるいは導電体ごと)に独立した伝送路を確保でき、そこで干渉のない安定した高速通信が可能となります。3つ目の特徴は、伝送媒体の素材を選ばない点で

す。人の体、動物、水、金属など、どんなものでも導電体であれば、レッドタクトンの伝送路として使うことが可能です。専用ケーブルの敷設やアンテナの設置は不要です。

代表的な応用例を図5に示します。図5(a)は1人の体の上の複数の携帯端末間の通信を表しています。ポータブルオーディオとイヤホンの間のケーブルをなくし、人の体に音楽データを通しています。同じパターンの応用例としてポケットに入れた小型コンピュータに作業マニュアルデータを格納し、ヘッドマウントディスプレイに表示しながら複雑な作業をこなすといったことも考えられます。図5(b)は複数の人の携帯端末間の通信例で、握手によってお互いの名刺データを電子的に交換する通信システムです。図5(c)は携帯端末と環境に埋め込まれた端末との通信です。この形態に属するアプリケーションは多数考えられます。IDや簡単なスクリプト情報（コンピュータプログラムなど）を送信する携帯端末を身に着け、システムの一部にほんの一瞬触れるか、あるいは通り過ぎるだけで、IDやスクリプト情報を環境に埋め込まれた端末に送信し、ゲートを開けて課金するなどの動作を行うという仕組みです。ドアを開けるためにノブに触るという自然な行為と、そのドアを開けようとしている人の個人認証とを連動することもでき、レッドタクトンならではの応用例が実現できます。また図5(d)に示すように、展示物に触って、あるいは展示物の前に立って、環境に埋め込まれた端末から手に持っている携帯端末に関連する情報を受信するといった、博物館での応用シーンも想定できます。最後に図5(e)は、人ではな

く電界を伝えやすい金属などを用いたシステムの例です。導電性シートをテーブル上に敷き、その上に置いた端末間で通信するテーブル上の会議システムを示しました。テーブルにノートPCを置くだけでインターネット接続が可能となります。また導電性シートの物理的配置でネットワークのセグメンテーションも可能となります。

総合プロデュース機能と今後の展開

NTTでは、研究開発と事業化との間に存在する死の谷を克服することを目的とし、2003年7月から「総合プロデュース機能」に基づく研究開発成果の事業化を開始しています。総合プロデュース機能とは、事業化の責任者として指名されたプロデューサーがNTTグループ内だけでなく、グループ以外の企業や団体などとのアライアンスも視野に入れ、NTT研究所の優れた研究成果の事業化を直接推進していく取り組みです。

今回、人の体の任意の2点間で最大10 Mbit/sの双方向通信を実証したヒューマンエリア・ネットワーク技術レッドタクトンですが、今後は製品化を目指し、技術開発としてはPDAやノートPCへの接続を考慮したトランシーバのインタフェースを汎用化するとともに、携帯性を重視した小型低消費電力型トランシーバの開発を進める予定です。また事業化については、総合プロデュース機能を有効に活用し、マーケティング活動を通じて有望なアプリケーションの開拓に注力するとともに、必要に応じて事業化パートナーと協力した実証実験などにも積極的に取り組んでいきたいと思っております。

参考文献

- (1) T. G. Zimmerman: "Personal Area Networks: Near-field intrabody communication," IBM Systems Journal, Vol.35, NOS 3&4, pp. 609-617, 1996.
- (2) 永妻・品川: "フォトリソ技術を用いた高周波エレクトロニクス計測," NTT R&D, Vol.51, No.6, pp.475-485, 2002.
- (3) M. Shinagawa, M. Fukumoto, K. Ochiai, and H. Kyuragi: "A Near-Field-Sensing Transceiver for Intra-body Communication Based on the Electro-Optic Effect," IEEE Trans. IM, Vol.53, No.6, pp.1533-1538, 2004.
- (4) <http://www.tele.soumu.go.jp/j/ele/body/protect/>



(上段左から) 落合 克幸/ 品川 満
(下段左から) 朝日 利彰/ 阪本 秀樹

レッドタクトンにより、これまでにない新しいコミュニケーションスタイルを創り出し、人間を中心とした真に使いやすいユビキタスサービスの実現を目標に技術開発および事業化に取り組んでいきます。

問い合わせ先

NTT第三部門 プロデュース担当

TEL 03-5205-5391

URL <http://www.redtacton.com/>