

IC タグの測量, 測位への利用 Utilization of RFID for Survey and Positioning

地理地殻活動研究センター 神谷 泉・小荒井 衛

Geography and Crustal Dynamics Research Center Izumi KAMIYA and Mamoru KOARIA

測地部 松坂 茂・平井英明¹・田中愛幸

Geodetic Department Shigeru MATSUZAKA, Hideaki HIRAI and Yoshiyuki TANAKA

要 旨

無線 LAN 測位と GPS を組み合わせた測位において、IC タグを併用することにより、測位精度が向上した。IC タグの測位への利用においては、アクティブ型の IC タグの利用が望ましい。IC タグを組み込んだインテリジェント基準点の金属標を試作し、耐久性を確認するとともに、インテリジェント基準点から読み取った情報を使用して測量ができることを実証した。

1. はじめに

IC タグは、電子タグ、RFID (Radio Frequency Identification)、無線タグ等とも呼ばれ、電波を介して内容を読みとることができる小型、小容量の記憶媒体である。

IC タグは、サプライチェーンマネジメント (Supply Chain Management ; 商品の生産から消費者への販売にいたる製造、流通、販売の過程の企業間・企業内で効率的な管理) 等において、バーコードを代替する記憶媒体として注目されているほか、入退室管理など、人、物の管理に広く利用されている (NTT コムウェア研究開発部, 2005)。通常は、管理対象の人、物に IC タグを添付し、環境中におかれたリーダーが IC タグを読み取り、管理対象の所在等を把握する。これに対して、自律移動支援プロジェクト (国土交通省ホームページ) では、環境中に IC タグ等を配置し、移動者がリーダーを保持することにより、移動者が状況に応じた情報を得られるようにしている。

本稿では、測位、測量の観点から、IC タグの性質とその利用について述べる。

2. IC タグについて

2. 1 IC タグの種類

IC タグには、タグリーダーからの返信要求に応じて記録されている情報を送信するパッシブ型と、自らの発意、通常は一定の時間間隔で記録されている情報を送信するアクティブ型がある。パッシブ型の IC タグは、通常、電池を内蔵せず、タグの動作に必要な電力は、タグリーダーから送信される電波等から得ている (根日屋・植竹, 2005)。これに対し、アクティブ型の IC タグでは、タグに内蔵されている電

池等から動作に必要な電力を得ている。パッシブ型は、構造が簡単で、製造コストを下げやすく、メンテナンスも不要である。アクティブ型は、電源を有するため、遠距離通信 (数十メートル、場合によっては数百メートル) に向いている。また、アクティブ型の IC タグのリーダーは電波を送出しないため、リーダー間の干渉がない。現実には、パッシブ型が頻繁に用いられている。

IC タグには、情報を読み出すことだけができるリードオンリーの IC タグと、任意の情報を書き込むことのできるリライタブルな IC タグがある。リードオンリーの IC タグには、製造時に情報を記録するものと、専用のライターを使用して情報を上書きできるものがある。リライタブルな IC タグのリーダーはライターを兼ねることがあり、リーダーライターとも呼ばれる。通常、アクティブ型の IC タグは、リードオンリーである。

現在、IC タグが主に利用している周波数帯と用途・特徴等は、表-1 のとおりである。一般的に、周波数が高いほど、アンテナを小さくでき、通信距離を長く取ることができるが、指向性が増し、水分の影響が大きくなり、また直達波と反射波の干渉により読み取れなくなる点 (ヌル点) の問題が顕著になる。

2. 2 EPC グローバルと ucode

EPC グローバル (EPCglobal) は、主にサプライチェーンマネジメントをターゲットとして IC タグシステムの標準化を行っている (NTT コムウェア研究開発部, 2005)。米国国防総省、米国流通大手のウォルマートが採用したことにより、サプライチェーンマネジメントでは、EPC グローバルが制定した Gen2 (Generation 2) に準拠した IC タグのシステムが普及すると予想される。

一方、ユビキタス ID センターでは、あらゆる「モノ」や「場所」に付与する ID 体系である ucode を提唱している。

表-1 IC タグが利用している周波数帯

周波数帯	特徴・用途・物理的なインターフェイスの規定など
135kHz 以下	高周波技術を必要としないため古くから使用されてきたが、大型のアンテナを必要とする。自律移動支援プロジェクトでは、点字ブロックに埋め込むタグに使用されている。ISO/ETC18000-2 で規定されている。
13.56MHz	現在、国内で最も普及している IC タグであり、IC カードとしても広く利用されている。接触型は ISO/IEC10536 で、非接触型は ISO/ETC18000-3 等で規定されている。
300MHz 付近	米国 RF Code 社の SPIDER 等、アクティブ型の IC タグに利用されている。国内法では、免許なしで任意の目的の電波を送信できる微弱無線は、322MHz 以下で制限がゆるいため、この周波数帯が使用される。
433MHz	国際的な物流において、コンテナを特定するために用いられている。ISO/ETC18000-7 で規定されている。
860～ 960MHz (UHF 帯)	通信距離が長く、サプライチェーンマネジメントでの利用が期待されている。国内においては、2005 年 4 月に、950～956MHz が利用可能となった。ISO/ETC18000-6 で規定されている。
2.45GHz	実用化されている IC タグの中では、最も周波数が高いため、タグの小型化、パッシブ型での遠距離通信に向いている。ISO/ETC18000-4 で規定されている。

EPC グローバルが、サプライチェーンマネジメントを運用するのに必要な規格を全て定めているのに対し、ucode では、コードの一意性を保障することに主眼が置かれており、紙に印刷された 2 次元バーコードを含め、様々な物理媒体に対応している (Ubiquitous ID Center, 2005)。また、EPC グローバルの標準化においては、原則としてスタンドアロンのリーダーがコードの意味を解釈するという立場を取るのに対して、ucode では、原則としてコードに対応する情報をリアルタイムにサーバーに問い合わせるといった立場をとる。

ucode は、他のコード体系を包含することのできるメタコード体系であるため、EPC グローバルで使用されているコードを ucode にマッピングして、利用することができる。

3. IC タグの測位への利用

3.1 無線 LAN 測位, GPS への IC タグの併用

3.1.1 使用した IC タグ

無線 LAN 測位と GPS を組み合わせた屋内外のシームレス測位 (神谷ほか, 2006) において、IC タグを併用する実験を行った。将来、IC タグリーダーは携帯電話に統合されることが期待される。併用実験は、携帯電話での利用を考慮し、IC タグのアンテナを地上 1 m 程度の高さにおいた場合、測位にどのような効用が期待できるかを確かめることを目標とした。このため、タグシステムの選択にあたっては、IC タグリーダー、アンテナ等の大きさ、質量などの実用性は特に考慮せず、タグが安価で普及が予想されるパッシブ型の IC タグの中から、実験当時に利用でき、かつ 1 m の高さにアンテナを置き、読み取れるシステムを選択した (図-1)。



図-1 使用した IC タグシステム

3.1.2 読み取り範囲等の確認実験

併用実験の前に、まず、使用する IC タグの読み取り範囲等の試験を行った。IC タグを 10cm 間隔で 7×7 の格子状に並べ、その上に IC タグリーダーのアンテナを配置し、アンテナの高さを変えながら、10 回ずつ読み取りを行った (写真-1)。ここでは、ロングレンジタグの結果のみを図-2 に示す。メタル対応タグの読み取り範囲は、ロングレンジタグより狭いが、同様の傾向であった。

また、歩行中での読み取り可能性を確認する実験を行った (写真-2)。5 個のタグを屋外、屋内に配置し、秒速 2 m, 3 m, 6 m で往復し、1 秒間隔でタグの読み取りを試みた。

ロングレンジタグは、全ての条件で読み取り可能であった。メタル対応タグは、屋外での 30 試行中 1 回、屋内での 30 試行中 2 回で、読み取ることができなかった。以降は、ロングレンジタグを用いて実験を行うこととした。

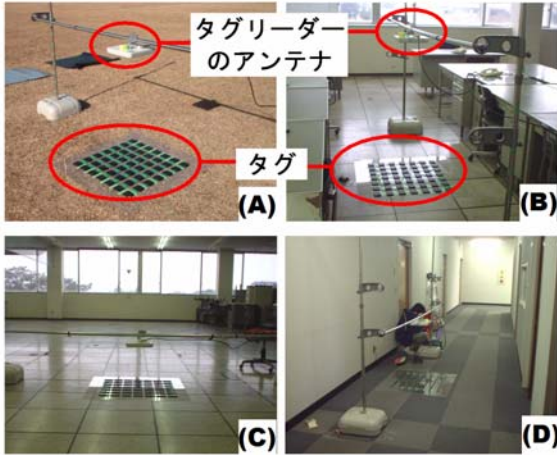


写真-1 読み取り範囲の確認実験

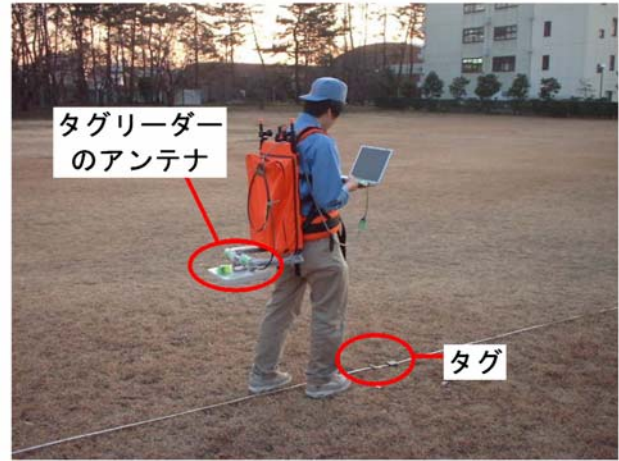


写真-2 歩行中の読み取り確認実験

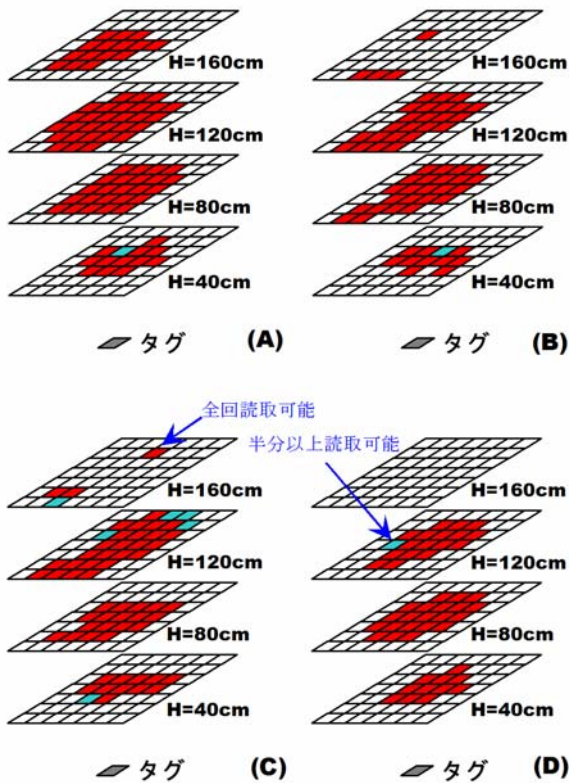


図-2 読み取り範囲の確認結果

3. 1. 3 ICタグを併用した測位実験

無線 LAN 測位と GPS を組み合わせた屋内外のシームレス測位では、以下の理由で十分な精度が得られない場合があった。

- 1) 建物の出入り口付近では、無線 LAN 測位、GPS ともに十分な精度が得られない場合がある。
- 2) 無線 LAN 測位と GPS のどちらかで十分な精度の測位ができたとしても、どちらを採用してよいか（あるいはどのような重みで平均すればよいか）自動的に判断することができない場合があり、最

終的な測位結果の精度が低下する場合がある。
本研究では、この状況を改善するため、以下の方法で IC タグを併用した。

- 1) 無線 LAN 測位、GPS 双方で測位し難い場所等に設置し、IC タグを読んだ場合には、IC タグの位置を現在地とする。
- 2) 出入り口付近等に IC タグを設置し、出入り口等を通じたことを判定し、どちらの測位方法を使用するかを判定する。
- 3) 無線 LAN 測位は、見通しの利く範囲ごとのエリアに分割して解を求めることが有効であるが、エリアの境界に IC タグを設置し、どのエリアにいるかを定める。

図-3 に示す国土地理院の地図と測量の科学館のロビー内外において、併用実験を行った（写真-3）。図中の○印は、IC タグの設置場所である。また、図中の●印は、無線 LAN のアクセスポイントの位置を示す。実験結果を表-2 に示す。

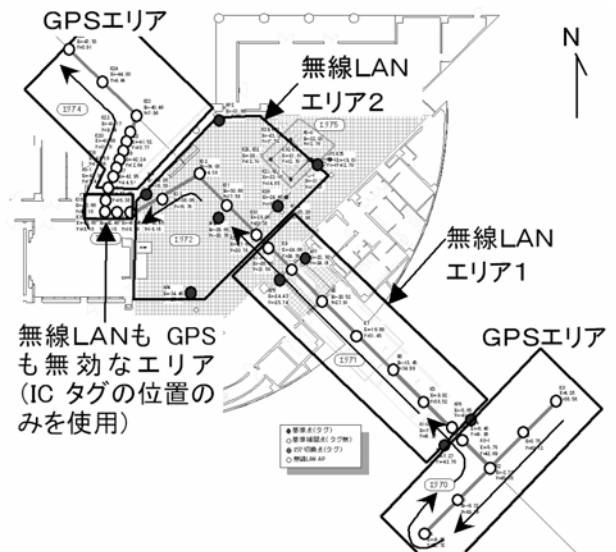


図-3 ICタグを併用した測位実験の配置図

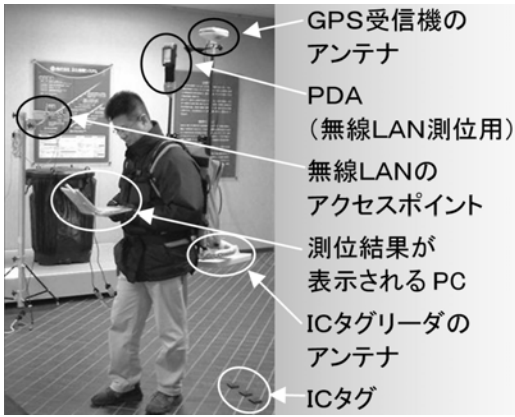


写真-3 ICタグを併用した測位実験の状況

表-2 ICタグを併用した測位の精度(m)

条件	1	2	3	4	5
無線 LAN 測位のエリア分け	無線 LAN 測位のエリアを分けない		無線 LAN 測位のエリアを2つに分けてICタグで切り替え		
無線 LAN 測位とGPSの切り替え方法	GPSデータで切り替え		ICタグで切り替え	GPSデータで切り替え	ICタグで切り替え
ICタグの位置の利用	×	○	○	○	○
1回目	5.0	4.3	4.4	2.8	2.8
2回目	4.5	3.6	3.6	3.0	2.6
3回目	6.7	5.0	3.1	2.8	2.8
平均	5.4	4.3	3.7	2.9	2.7

3.2 アクティブ型ICタグの必要性

自律移動支援プロジェクトでは、すぐに実用化できる方法として、白杖の先端に付けたICタグリーダーのアンテナを使用した。前記のICタグを併用した

測位実験では、ICタグリーダーを手に持った状態に近く、また歩行中の足をつく位置に実験結果が影響されにくいようにするため、腰の高さにアンテナを付けた。実験には、免許が必要な高出力リーダーと大型アンテナを使用した。これは、将来免許不要の小型機器が登場することを期待したものであった。

その後、平成17年4月と平成18年1月の電波法施行規則等の改正により、国内においても、UHF帯(950~956MHz)のICタグシステムが利用可能となった。UHF帯は、パッシブ型でも遠距の読み取りが可能であると期待された帯域である。しかし、この改正で定められた技術要件は、免許が不要で携帯を前提として低出力リーダーでは、1m程度の読み取り距離の実現が困難である(三次, 2006)。また、低出力リーダーの密度は、最大で10m×10mに1台と想定されており、繁華街等で1人が1台のICタグリーダーを保持した場合、リーダー間の干渉が避けられないと予想される。

この状況を考慮すると、測位には、自らの電力で電波を送出するために読み取り距離が長く、またリーダー間の干渉がないアクティブ型のICタグを利用することが適当との結論を得た。

3.3 ICタグテープの試作

ICタグの測位への利用においては、位置のわかったICタグを容易に配置できるようにすることが望ましい。そこで、アクティブ型のICタグを一定間隔で配置し、巻き取り可能な電子タグテープを考案し、現在試作中である(図-4)。

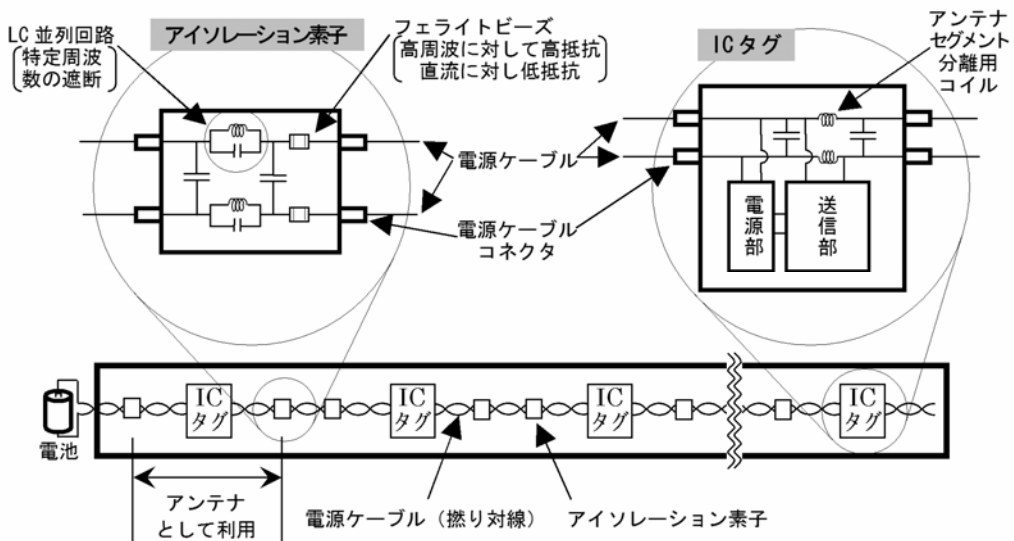


図-4 ICタグテープ

アクティブ型の電子タグを環境中に配置した場合、タグに内蔵された電池の交換が問題となる。試作している電子タグテープでは、テープの端に設けた電池から電源ケーブルを通じて全ての電子タグに給電しており、電池の交換が容易である。

電源ケーブルは、ツイストペアケーブルで構成し、アイソレーション素子を挿入する。アイソレーション素子に挟まれた電源ケーブルが、ダイポールアンテナとして機能する。試作品は、300MHz帯を使用した。タグの大きさに制限されることなく、放射効率の高い1/2波長(50cm)のアンテナを作成できる。また、タグに電池を内蔵しないので、タグを薄くでき、突起がなく巻き取りやすいテープを作成できる。

4. 自律移動支援プロジェクトと国土地理院の係わり

国土交通省では、「ユニバーサル社会」の実現に向けた事業の一環として、社会参画や就労等にあって必要となる「移動経路」、「交通手段」、「目的地」等の情報が、いつでも、どこでも、誰でも、必要な精度で得られる社会の実現に向け、ユビキタスネットワーク技術を活用して、移動に関する情報を「いつでも、どこでも、だれでも」が利用できる環境作りを目指す「自律移動支援プロジェクト」を推進している。

国土地理院は、同プロジェクトと連携し、インテリジェント基準点を開発し、同プロジェクトのプレ実証実験の一環として平成16年9月、神戸市三宮に全国で初めて設置した。その後、実証実験本番用として、神戸市三宮の「さんちか」街と旧居留置地に94点設置した(写真-4)。



写真-4 地上部のインテリジェント基準点

5. インテリジェント基準点の紹介と現状

5.1 インテリジェント基準点の開発

インテリジェント基準点は、既存の基準点にICタグを活用した機能を付加して、これまでの位置情報(緯度・経度など)に加え、場所情報(所在地、管理者等、周辺状況など)の把握がその場で可能となる基準点である。プレ実証実験で設置したインテリジェント基準点第一号(写真-5)には、ICタグ(日立製μチップ)が組み込まれており、ユビキタス・コミュニケーター(UC)を近づけると、ucode(特定の空間を認識するための番号)が返され、ユビキタスIDセンターのサーバーから、基準点に関する位置情報や周辺の地理情報を呼び出すことが出来る。



写真-5 インテリジェント基準点

5.2 新しい測量・測位機器の開発

インテリジェント基準点が測量技術者にとって便利なものになるには、測量機器の開発も必要であり、インテリジェント基準点の位置情報を自動的に読み取り、周辺に設置されているICタグ(境界杭、点字ブロック、各種マーカーなど)の位置を簡単に測定することのできる測量機器の開発を目指した。そのため、トプコン製の画像トータルステーション「GPT-7000i」と富士通製のICタグのリーダーライター(ショートレンジ型)を用い、インテリジェント基準点(ICタグ)の位置情報をトータルステーションに入力できるシステムを構築した。機器間の通信にはパソコンを利用し、画像トータルステーションにより取得した位置情報と内蔵されているデジタルカメラによる画像を組み合わせ、簡易的な3次元画像や地図をその場で表示することも可能となった(写真-6)。



写真-6 TSの画像表示部



写真-8 情報端末装置（ショートレンジ型）

5. 3 インテリジェント基準点の利活用

国土地理院は、全国にある約 13 万点余の三角点や水準点等の維持管理を行ってきている。近年は、現地調査作業も直営から外注に移行しつつあるが、費用対効果や迅速性等の面でも課題があり、より効率的な維持管理の実現に向けた検討が急務である。

最近、多方面の分野で利用が広がっている「IC タグによる管理」の方法を基準点の維持管理に応用すべく神戸市の実証実験において、IC タグ専用のリーダーライター（情報端末装置）を用い基準点維持管理の効率化をめざした「基準点情報管理・提供システム（仮称）」の検討も行ってきた。

これまでの実験の結果、専用の IC タグリーダーライター（情報端末装置）を用いて、基準点のデータ（ucode など）を読み取り、その読み取りデータと読み取った日時（タイムフラッグ）を付加した形でパソコン等に取り込むことにより、どの基準点をいつ調査したかなど、維持管理について有効であることが裏付けられた（写真-7、8）。



写真-7 情報端末装置（UC）

5. 4 インテリジェント基準点の耐久試験

三角点など永久標識を想定し、金属製のインテリジェント基準点を開発し、国土地理院構内に設置し、気温変化、磨耗、耐圧（車による）、浸透、日射等による影響について耐久試験を行っている。

構内における性能・耐久試験は、日本測量機器工業会傘下の標識メーカー 3 社が参加している。製作したインテリジェント基準点は街区基準点を想定し、街区三角点と街区多角点の 2 種類（ $\phi 70$ mm, $\phi 50$ mm）に IC タグを埋め込んだものとした。また、使用する IC タグは、データの書き込み領域が確保されているものとした（写真-9）。

平成 17 年 6 月から順次製作された各社の基準点は、事前に温度変化（ $-30^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ ）や防水（浸透）等の試験が行われ、構内に設置した。これまでの目視による欠損等はなく、リーダーライターによる IC タグの読み取りも正常に行えており、耐久性等には問題がないといえる。今後、国家基準点をはじめ、公共基準点への適用が図られるものと期待できる。



写真-9 構内設置場所と基準点

6. 考察

読み取り範囲等の確認実験において、屋外においては、本実験で使用した IC タグの読み取り範囲は、直径 60cm、高さ 160cm 程度のきれいな風船状であった。しかし、室内においては、周りにもものがない(写真-1(c))の場合においても、読み取り可能範囲がいびつな形状となり、タグの近くにいても、読み取れない場合がある。従って、「特定のタグを読めたらその近くにいる」と判断できるが、「特定のタグを読み取れないのでその近くにはいない」とは判断できない。また、設置したタグの亡失、故障、電磁気的な隠蔽(例えばタグが金属で覆われる)等の事態を考慮すると、「特定のタグを読み取れないのでその近くにはいない」という推論は、危険で、利用できないと判断される。

表-2に示す IC タグを併用した測位実験の結果において、以下のことがわかる。条件2が条件1より高精度であることから、IC タグを設置し、IC タグを読んだ場合には、IC タグの位置を現在地とする手法は有効である。条件3が条件2より、条件5が条件4より高精度であるため、IC タグを利用した GPS と無線 LAN 測位の切り替えは有効である。条件4が条件2より、条件5が条件3より高精度であるため、IC タグを利用した無線 LAN 測位のエリアの切り替えは有効である。

7. 今後の研究について

今後は、トータルステーションなどの測量機器に IC タグのリーダーライターを内蔵するなどして、インテリジェント基準点上に整置した瞬間に情報が読み取れ、TS の自動追尾やノンプリズム、画像計測などの機能と組み合わせることにより、作業の効率化、軽減化をめざし、測量機器のシステム化を図っていききたい。同時に、基準点維持管理業務の効率化の一環として、既存の基準点に IC タグを取り付けて固有の ID コードをベースに基準点情報を取得したり、管理するシステムの構築も目指したい。

現状のシステムは、携帯電話などネットワークを介しないオフラインでの情報取得の実験となるが、将来、ユビキタスネットワーク社会の実現により、インテリジェント基準点は、測量のみならず様々な用途への利活用が期待される。

基準点の維持管理では、ユーザーがインテリジェント基準点を利用した際、基準点の状況が自動的に管理サーバーに送られ、管理者はその情報を確認することで基準点の現況を把握する事も可能となる。

今後、IC タグから読み込んだデータの処理や IC タグへあらかじめ記憶する情報について、測量以外でもインテリジェント基準点を積極的に利活用していただくため、その内容について検討していく予定である。

測位に関しては、IC タグテープの試作と、アクティブ型の IC タグを使用した測位の手法の研究を継続する予定である。

8. まとめ

無線 LAN 測位と GPS を組み合わせた測位において、IC タグを併用することにより、測位精度が向上した。無線 LAN 測位と GPS の双方で測位が困難な場所での測位、無線 LAN 測位と GPS の切り替え、無線 LAN 測位のエリアの切り替えのいずれにおいても、IC タグの併用の効果が確認された。

IC タグの測位への利用においては、パッシブ型の IC タグでは小型軽量のリーダーとアンテナ前提とすると測位に必要な通信距離を確保できず、リーダー間の干渉が問題となるため、アクティブ型の IC タグの利用が望ましい。アクティブ型の IC タグをテープに配置し、タグの位置の計測を容易にするとともに、電池交換の手間を減らした IC タグテープを考案し、試作中である。

既存の基準点と同様の金属製標識に IC タグを組み込んだインテリジェント基準点の金属製標識を試作し、野外におえる耐久性に問題がないことを確認した。既存のトータルステーションと IC タグリーダーを組み合わせ、インテリジェント基準点から読み取った情報を基に、測量が可能であることを実証した。

謝 辞

本研究の一部は、科学技術振興調整費「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」及び国土地理院地理地殻活動特別研究費「都市再生のための精密三次元空間データ利用技術の開発」の成果である。

参考文献

- NTT コムウェア研究開発部 (2005) : RFID の現状と今後の動向, 電気通信協会, 13-69, 89-117.
 神谷泉, 小白井亮一, 太田正孝, 磯部民夫, 阿久津修, 門脇利広 (2006) : 都市再生のための精密三次元空間データ利用技術の開発, 国土地理院時報, 第 109 集, 121-127.
 根日屋英之, 植竹古都美 (2005) : ユビキタス無線工学と微細 RFID, 東京電機大学出版局, 149-173.
 三次仁 (2006) : UHF 対本格導入を可能にした電波法令の再改正, 日経 RFID テクノロジー, No. 16, 21-26.
 Ubiquitous ID Center (2005) : ucode タグ体系 (ドラフト版), WG930-S201-1. A0. 00, T-Engine Forum, 13p.

国土交通省ホームページ, 自律移動支援プロジェクト推進委員会, <http://www.jiritsu-project.jp/> (accessed 27 Dec, 2006).

特許出願

神谷泉, 移動体の位置の計測方法, 2007年2月20日出願, 特願2007-39139.

神谷泉, 真島祐二, 溝口永実, 移動体位置計測用装置及び移動体の位置の計測方法, 2007年2月27日出願, 特願2007-46411.