

位置情報に基づくモバイル端末向仮想都市

垂水浩幸^{1), 3)} 徳田征子^{1), *} 安井智宏^{1), +)} 松原和也²⁾

¹⁾ 香川大学工学部 ²⁾ 香川大学大学院工学研究科 ³⁾ (株) スペースタグ
761-0396 香川県高松市 761-0396 香川県高松市 761-0301 香川県高松市
林町 2217-20 林町 2217-20 林町 2217-15-2108

連絡先 : TEL 087-864-2214 FAX 087-864-2262,
e-mail: tarumi@acm.org http://www.3dvc.org/

位置を基準として仮想情報を現実世界に重ね合わせるシステム SpaceTag およびそれを三次元化した 3DSpaceTag を応用して、現実世界の特定の地域に仮想都市を建設する実験を行っている。平成 15 年度は、香川大学工学部付近に仮想都市を建設し、GPS 付携帯電話端末及びタブレット PC 端末を利用して被験者に仮想都市を体験してもらった。本稿では、これらの実験の方法と結果、明らかになった課題等について述べる。仮想都市コンテンツは被験者の興味を惹き付けるものであったが、位置誤差の処理等に技術的な課題が残されている。

A Virtual City for Mobile Terminals based on Locations

Hiroyuki Tarumi^{1), 3)} Seiko Tokuda^{1), *}

Tomohiro Yasui^{1), +)} Kazuya Matsubara²⁾

¹⁾ Faculty of Engineering, Kagawa University

²⁾ Graduate School of Engineering, Kagawa University

³⁾ SpaceTag, Inc.

We have built a virtual city that consists of virtual objects overlaid onto the real world using our SpaceTag technique and its 3D expansion. This time, we built a virtual city around our university campus, and invited subjects to experience it. In the experiment sessions, subjects used cell phone terminals with GPS or tablet PC terminals. In this paper we describe an overview of the experiment and its results and future work. We found that the virtual city contents attracted the subjects well, but we still had some technical problems especially handling location errors.

*) 現在、株式会社シンフォーム (currently, Synform Co. Ltd.,)

+) 現在、NECネクサソリューションズ株式会社 (currently, NEC Nexasolutions, Ltd.).

1. はじめに

1.1 仮想都市の概念

本研究で取り扱う仮想都市[1,2]は、モバイルユーザを対象とする情報コンテンツであり、仮想建造物と仮想生物から構成されている。これらの仮想オブジェクトは緯度・経度で表現される位置属性を持ち、現実世界の該当位置に対応づけられる。モバイルユーザは、例えばGPS付携帯電話のように位置の特定が可能な携帯端末を所持している。このような携帯端末に、位置で対応づけられた仮想オブジェクトを表示することにより、現実世界と仮想世界があたかも重畳されたようなメタファができあがる。我々はこれを重畳型仮想システム[3]と呼んでいる。

すなわち、ユーザは現実世界を移動しながら、その場所その場所に対応するもう一つの世界である仮想都市を、携帯端末を通じて体験することができる。

1.2 研究経緯

本研究はSpaceTag[4]に基づいている。SpaceTagは位置特定の可能な移動端末に対して、位置を限定して情報配信するシステムである。すなわち、現実世界の特定のエリアにのみテキストや画像などの情報が配信される。この仕組みにより、情報が「そこにある」という感覚を演出することが可能になる[5]。

さらに、SpaceTagで取り扱う情報として3次元オブジェクトを取り扱えるようにしたものが3DSpaceTag[2,6]である。3DSpaceTagでは、オブジェクトは現実世界の特定の一点に対応づけられ、あたかもそのオブジェクトがその位置にあるように遠近感や方向性をユーザに対して再現する。この仕組みはユーザにとって大変興味深いものと評価された。

本稿における仮想都市は、この3DSpaceTagの仕組みを応用して多数のオブジェクトを一定のエリアに配信することにより、都市を模擬しようとしたものである。

1.3 他研究との比較

都市情報に関する研究は他にもある(例えば[7]など)が、本研究はデスクトップPCではなく移動端末を主要ターゲットとしている。さらに、現実世界と仮想世界を位置を基準として関連づけようとしているところが特徴である。

また、本研究は広義において複合現実感を実現しようとするものと言える¹。複合現実感システムは、インドアとアウトドア(特に広域)で設備設置の容易性が異なるため、その設計方針が異なる。本研究では、広域での利用を目指しており、そのため現場に新たな設備投資をせずに既存の移動通信インフラを用いる。さらに想定ユーザを一般市民と考えると、高価格や未普及の特殊端末は利用できない。これらの理由により、普及済の携帯電話端末を主要ターゲットと考えており、このことが本研究と他[8-11]を比較した場合の大きな特徴となっている。

1.4 本論文の概要

以上の経緯・方針に基づき、我々は平成15年度に香川大学工学部キャンパス付近に仮想都市を建設し、被験者に体験してもらった実験を3種類実施した。本論文ではこれらの実験と結果について述べる。

2. 実験の概要

2.1 目的

単体の3DSpaceTagについては一度評価実験を行っており[6]、被験者の興味を十分惹くものであると評価されている。そこで今回は複数のオブジェクトを配置した仮想都市に対して、被験者の感じ方を評価し、仮想都市の有効性を検討することが目的である。実験の本来の目的に合わせてGPS付携帯電話端末で評価した他、比較及び将来の携帯電話端末を想定した仕様検討の参考にするため、タブレットPCで作成した端末による評価も行った。

2.2 仮想都市コンテンツ

仮想都市のコンテンツは仮想建造物オブジェクトと仮想生物オブジェクトから成っている。仮想建造物はその名の通り建物を模擬した静的なオブジェクトである。一方、仮想生物は生物を模擬したもので、移動や対話などの能動動作を行う可能性を持っている[12]。ただし今回は仮想生物の実質的な機能がまだ実装されていないため、評価対象は主として仮想建造物である。仮想生物もコンテンツには含めているが、移動や対話の動作は行わない。

¹ 現実世界の生映像と仮想オブジェクトのCGを同一画面に重ねて表示しているのではないため、「広義」とした。

個々の三次元オブジェクトは LightWave3D でデザインされている。ただし Java3D でロード可能とするため、LightWave3D の機能はフルに利用できず、たとえばテクスチャや多数のポリゴンは使用できないといった制限がある。

仮想都市コンテンツは香川大学工学部キャンパス付近に展開した。これは実験運営が行いやすいこと、付近に建物が少なく GPS 誤差の点で恵まれていることが理由である。しかし、工学部自身が 11 階と 9 階建てのタワーを持っており、このため携帯電話の gpsOne を用いても状況によっては 100m 程度の誤差が発生することがある。

2.3 スケジュール

まず、2003 年 8 月 10 日（日）に試行的な性格を持つ第 1 回目の実験を行った。この日は大学のオープンキャンパスで、一般の方の来場が見込まれたためである。このときは携帯電話端末のみを利用した。システム改善後、2004 年 1 月 11 日～20 日の間、49 名の被験者に体験評価してもらった。これらの全員が携帯電話端末での体験を行った他、うち 24 名にはタブレット PC 端末による体験評価も依頼できた。

3. 実験の経過及び結果

3.1 実験環境

サーバは図 1 のように構成されている。サーバは Windows 2003 Server 上で構築され、Apache, Tomcat (サーブレット機構)、Java3D ライブラリを使用している。インターネット接続は FTTH である。ユーザが GPS 付携帯

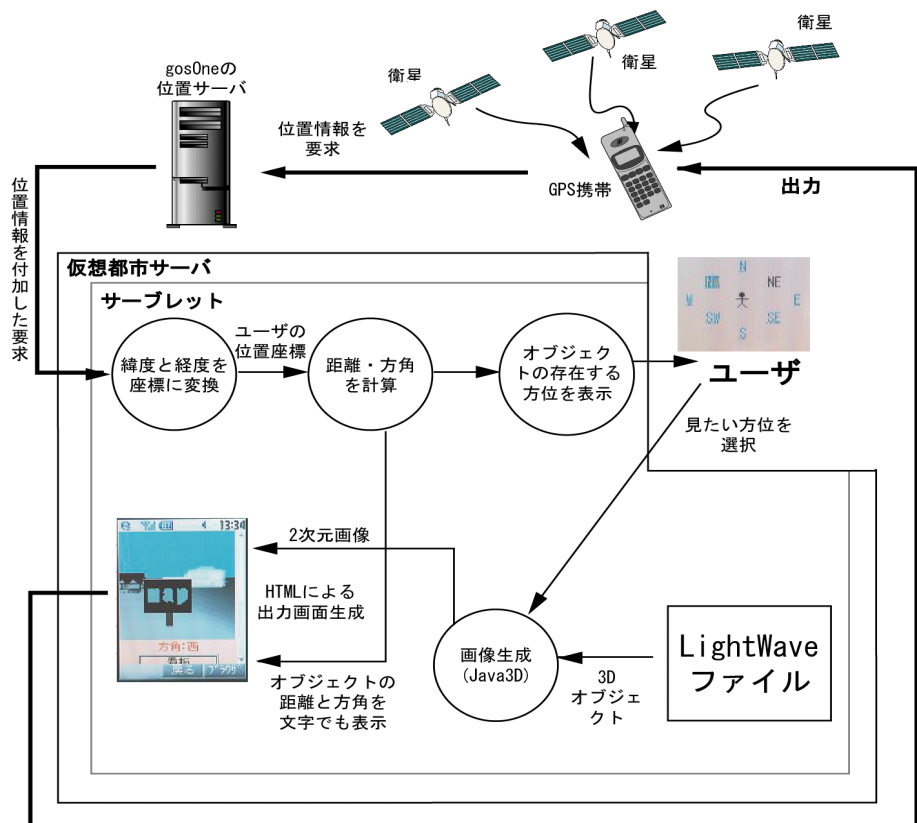


図 1：仮想都市サーバの構成

電話端末でサーバにアクセスすると、gpsOne の位置サーバによって HTTP リクエストに位置情報が付加され、Apache を経由して Java サーブレットに渡される。Java サーブレットは位置情報に基づいてユーザの周囲にあるオブジェクトを検索し、オブジェクトの存在する方位を画面に表示する。方位は 8 方位で表現される。ユーザがその中から見たい方位を選択すると、Java3D を利用したサーバレットモジュールがオブジェクトファイル (LightWave3D で作成したもの) を読み込み、Java3D を利用してユーザに提示すべき画面 (静止画) を作成し、ユーザに返す。携帯電話端末側には組込ブラウザ以外のソフトは追加していない。

端末には GPS 付携帯電話端末とタブレット PC 端末の二種類がある。携帯電話は au の A5303HII, A5401CA, A5501T を使用した (A5501T は第 2 回実験のみ)。これらの携帯電話は gpsOne 対応である。ただしどれも電子コンパス機能は利用できないので、前述のように方位は人間が判断している。



図 2 : タブレット PC 端末

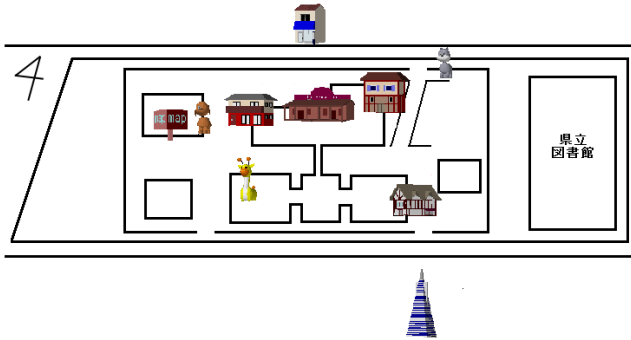


図 3 : 第 1 回実験における仮想都市の構成

タブレット PC 端末は NEC VersaPro に外付の GPS 兼電子コンパス (Garmin eTrex Summit) を接続して作成した (図 2)。タブレット PC では端末側で Java3D を処理できるため、仮想都市データも端末側に置き、サーバとは接続せずにスタンドアロンで使用した。これは、使える無線通信手段が PHS しかなく、低速通信手段でユーザにストレスを与えても意味のある実験にならないと判断したためである。端末は常に eTrex Summit から位置と方位の情報を取得しており、画面をそのデータに追従させる。

3.2 第 1 回実験

工学部キャンパス内に 4 つの建物、1 つの看板、3 匹の仮想生物を配置し、キャンパス周囲に 2 つの建物を配置した (図 3)。

オープンキャンパスに訪れた小学生から 40 代までの一般の被験者 (男性 11 名、女性 7 名) に試用評価を依頼した。被験者の多くは大学生であった。被験者には図 3 のキャンパスの北端を右から左に直進するコースで仮想都市を体験してもらい、終了後にアンケートに回答してもらった。

その結果、GPS 誤差のため被験者が仮想建物の位置を正確に認識できないケースが多いことがわかった。特に実際の建物と仮想の建物が近接した場所にあったため、被験

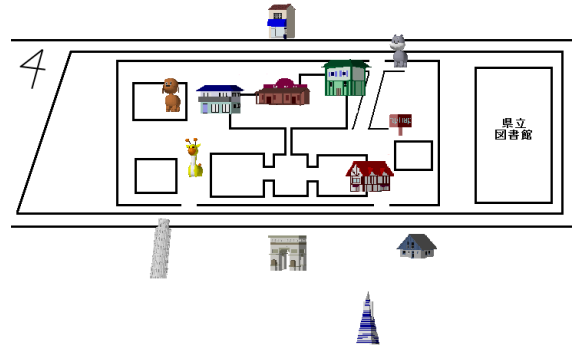


図 4 : 第 2 回実験における仮想都市の構成

者が仮想の建物に近づくと実際の建物に GPS が遮断されて誤差が拡大するという問題が発生した。誤差をなくすためにセンサーなどの機器を追加することは技術的には可能であるが、普及端末のみを使うという本研究の方針からは逸脱する。そこで、ユーザが誤差の程度を認識しやすくするため、実際の建物を CG で表示する案を検討することにした。

また、仮想世界の背景光が明るすぎるため、仮想建造物が陰になって見にくいという問題が発生したため、明るさを調節して見やすくなるように改善することにした。屋外の運用では、画面の光加減が非常に重要である。

3.3 第 2 回実験

第 2 回の実験では、図 4 のように前回よりも建物の数を増やし、被験者にわかりやすく興味を惹きやすい「ピサの斜塔」や「パリの凱旋門」を実物大で再現した (図 5 のタブレット PC による大型画面でよく確認できる)。第 1 回実験の反省に基づき、光加減の調整を行った他、実際の工学部の建物を LightWave3D でデザインし、グレーの半透明のオブジェクトとして仮想世界に追加した。これにより、ユーザは実際の建物と仮想の建物の位置関係が把握でき、GPS 誤差による戸惑いを回避できることを期待した。

被験者は大学内でアルバイト募集し、工学部 35 名、他学部 (法、経済、教育) 14 名の 49 名である。男女別では、男性 28 名、女性 21 名である。被験者には仮想都市の概念説明、半透明の建物の意味を説明した。被験者には図 4 のキャンパスの上半分を反時計周りに周回してもらったコースで体験してもらった後、アンケート (各質問項目につき 1 点から 5 点までの評価) とインタビューを得た。

その結果「携帯電話で仮想都市を体験できることを面白いと思いますか?」、「今後もっと建物を建ててにぎやかにしていく予定ですが、また来たいですか?」等の質問には平均 4.2 以上の高評価が得られ、仮想都市が魅力的なコンテンツであることが確認できた。

一方、「仮想の建物はそこに存在すると思いませんか?」という質問に対するスコアは 2.9 であった。インタビューでその理由について聞いたところ、「GPS 誤差」、「見る方角を選択して自分の頭で空間を構築しなければならない」、「静止画表示なので自分の向いている方向に画像が追従してくれない」、「動きがない」、「(山などの)背景がない」、「距離感がわかりにくい」、「画面が小さい」等の原因が指摘された。

これらの問題点のうち、方角の問題は電子コンパス付携帯電話端末の導入により、画面の位置・方向追従についても電子コンパスと端末側プログラムの高機能化²により、動きについては今後仮想生物の機能強化により、改善していく予定である。また、画面についても最近の機種では液晶ドット数が改善されている。

表示速度についての満足度は 3.3 とやや悪かった。実験に使用した機種ではGPS 計測だけで 10~15 秒要し、加えて画像ダウンロードの時間がかかるが、端末側プログラムの導入により改善できる見込である。

前回から改善した光加減については改善効果が確認された。一方、距離感や位置誤差をわかりやすくする目的で導入された半透明建物（現実建物のCG再現）についてはあまりうまく行かなかった。これは、透けて見えるという特徴が却ってオブジェクトの距離的な前後関係をわかりにくくしてしまったこと、また仮想のキリンが現実の建物のなかにいる（図5）といったような直観的に理解しにくい表現がされてしまうこと、などが原因であった。現実の建物を表示するのはあくまで参照用であり、主役は仮想オブジェクト群であることを考えれば、ユーザが必要ときだけに現実の建物を参照できるような表示切替機能を導入することが望ましいと思われる。

アンケートの回答傾向を性別、所属学部別に分析すると、特に表示速度について女性より男性の方が、また他学部の

学生より工学部の学生の方が要求が厳しい、という傾向が見られたが、10%水準の検定を通過するほどのものではなかった。他の質問項目についても被験者の属性により回答傾向が有意に異なるものはなかった。一方、「携帯電話で仮想都市を体験できることを面白いと思いますか?」という高評価の質問では、男女に傾向の違いがないという仮説が92%で採択できたことから、仮想都市コンテンツはユーザの性別を問わず魅力があることは比較的言えそうである。

3.4 タブレットPC端末による実験

この実験における仮想都市の構成は、図4と同一である。ただし、前述のように仮想都市データはサーバではなく端末側に置いている。被験者は第2回実験に参加した49名のうち、こちらの実験にも参加を希望した24名である。実験の順序は被験者により異なる。今回の実験での仮想都市コンテンツをタブレットPC端末で表示した例を図5に示す。

被験者には特に歩行経路を指定せず、好きな建物に向かって直進する、三箇所以上で360度回転して周囲の状況を確認する、仮想オブジェクトの位置を頭の中で想像する、というタスクを依頼した。終了後、アンケート（5段階評価と仮想建造物位置再現）とインタビューを実施した。

今回、eTrex Summit の設置方法が技術的にあまり適切ではなく、GPS や方位の誤差において本来の性能が引き出せなかった。このため、特に回転タスクの評価は失敗した。しかし、仮想建物への直進タスクの評価は比較的高く、平均評価値は3.8であった。

実験日によっては捕捉できるGPS衛星が少なく、位置誤差が特に大きい日があった。このような日の被験者は仮

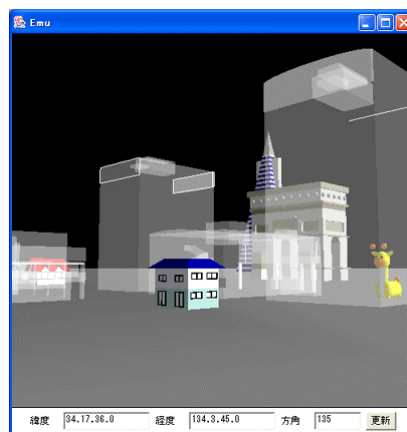


図5：タブレットPC端末での画面例

² brew の利用を検討中

想建物の位置を想像できず、どの建物も同じような位置にあると回答した。一方、GPSの状態が良好な日は、被験者は都市の広がり認識できた。

タブレットPCの液晶は携帯電話よりも暗めであり、冬とは言え屋外の日光の下では見づらいという評価であった。外部の被験者を集めることは昼間しかできなかったが、夜間に我々が実験したところ仮想都市の画面印象は美しく感じた。表示デバイスの課題が明らかになった反面、夜間使えるような応用が有望であることがわかる。

本実験を通して、今後携帯電話端末にタブレットPCと同様の端末側処理機能が導入できれば、仮想都市の広がりをより感じながら体験できるようになるとの感触を得た。この実験でも被験者の興味は高く、今後の端末機能の改善により応用が広がるものと考えている。

4. おわりに

今回、現在普及している携帯電話等の技術だけを利用した仮想都市システムを実装し、その評価を行ったところ、技術的限界も明らかになる一方で、被験者の仮想都市コンテンツへの期待が十分大きなものであることがわかった。技術的な限界の部分は brew 等の端末側最新技術を導入すれば解決可能なものが多いので、近々に改善版を開発し、更なる評価を行いたい。また観光など具体的なアプリケーションの構築に取り組みたい。

謝辞

多摩美術大学の楠房子先生には多岐に渡る御指導をいただいた。ここに感謝する。また、仮想都市コンテンツの作成には守田友さんを始めとする学生諸君の貢献があったことに感謝する。本研究は(財)かがわ産業支援財団平成15年度産学官共同研究開発事業、および(財)大川情報通信基金研究助成の支援を受けている。

参考文献

[1] 垂水：SpaceTag を応用した仮想都市計画、日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会(招待講演)、VR学研報 Vol.8, No.2, pp.1-6 (2003)

[2] Tarumi, et al.: MR-Based Virtual City with 3DSpaceTag, *3rd Digital Cities Workshop*, Amsterdam, The Netherlands, Sep.18th-19th, (2003)

[3] Tarumi, et al: SpaceTag: An Overlaid Virtual System and its Application, *Proc. of International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'99)*, Vol. 1, pp. 207-212 (1999)

[4] 垂水、他：時空間限定型オブジェクトシステム：SpaceTag、インタラクティブシステムとソフトウェアVI、近代科学社、pp.1-10 (1998)

[5] 佐々木、他：SpaceTag システムの評価実験、情報処理学会論文誌、Vol.45, No.1, pp.164-167 (2004)

[6] 多田、他：SpaceTag の3次元化を目的としたサーバサイド画像生成システム、情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会、GN-47-6 (2003)

[7] 石田：デジタルシティの現状、情報処理、41巻2号、pp.163-168 (2000)

[8] Schnadelbach, et al: The Augurscope: A Mixed Reality Interface for Outdoors, *Proc. of CHI 2002*, ACM, pp.9-16 (2002).

[9] Satoh, et al: A Hybrid Registration Method for Outdoor Augmented Reality, *Proc. of IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality*, pp.67-76 (2001).

[10] Pyssysalo, et al: CyPhone – Bringing Augmented Reality to Next Generation Mobile Phones, *Proc. of DARE 2000 (Designing Augmented Reality Environments)*, ACM, pp.11-21 (2000).

[11] Feiner, et al: A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment, *Proc. of 1st International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97)*, IEEE, pp.74-83 (1997).

[12] Tarumi, et al: Communication through Virtual Active Objects Overlaid onto the Real World, *Proc. of The Third International Conference on Collaborative Virtual Environments (CVE 2000)*, ACM, pp.155-164 (2000)