

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

多田 有希 香川 考司 垂水 浩幸

香川大学工学部

〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20

TEL: 087-864-2214

E-mail: tarumi@eng.kagawa-u.ac.jp

情報提供の範囲を限定するという特徴を持つ SpaceTag システムの拡張として、Tag(情報) に 3 次元の属性を与える。Java3D とサーブレット技術を用いて、ユーザ端末から見た Tag までの距離と方角によって見え方を変化させるサーバサイド画像生成システム (=3DSpaceTag) を構築した。被験者による評価実験も行い、良好な結果を得た。

Server Side Image Generation to Represent 3D Objects in the SpaceTag System

Yuki Tada Koji Kagawa Hiroyuki Tarumi
Faculty of Engineering, Kagawa University

We have developed a system that deals with 3D virtual objects overlaid on the real world, generating 2D images from them at the server side using servlet and Java3D technologies, for cellular phones with GPS. This system is aimed at enhancing the SpaceTag system. We have evaluated the system by employing 15 subjects and gotten good evaluation.

1 はじめに

範囲を限定して情報を配信する SpaceTag システム [1] は Tag(情報) が実空間内に位置を指定して配置されるため、理論的には実空間にあたかも情報が存在しているように見える。しかしこれまでの Tag は 2 次元情報であるために、図 1 に示されるように有効範囲内であればどこから見ても同じである。

そこで本研究では、図 2 に示されるように、オブジェクトに対して近くからアクセスした時にはオブジェクトを大きく表示させ、遠くからアクセスした時にはオブジェクトを小さく表示させる。また、アクセス方向によってもその方角からオブジェクトを見ているように変化させて表示する。すなわち、表現をオブジェクトからの方向や距離に依存させることにより、あたかも 3D オ

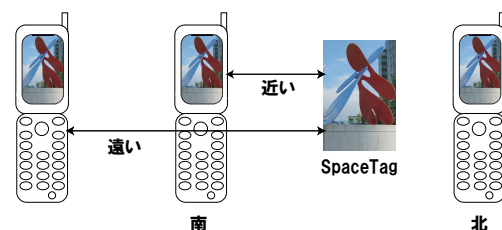


図 1: 従来の SpaceTag システム

ブジェクト (=Tag) がその場所に存在しているという現実感をユーザに与える。これを実現させるために本システムは次の 2 つの大きな特徴を持つ。

- (1) GPS 機能付携帯電話 (以下、GPS 携帯と略す) を用いて取得した位置情報と 3D オブジェクトに付加された緯度・経度を利用して仮想空間座標を算

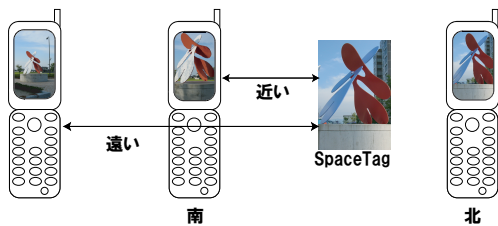


図 2: 3次元属性を付加した SpaceTag システム

出し、携帯からの見え方を決定する。

- (2) (1) を実現するため、サーブレットと Java3D [2] を利用して 3D オブジェクトにアクセスがあったときにサーバサイドで画像を生成する。

以下、今回実現するシステムを 3DSpaceTag と呼ぶ。

3DSpaceTag は屋外で仮想情報を提示するため、アウトドア AR(拡張現実感) システムであると言える。アウトドアで用いられる AR/MR(複合現実感) システムの研究例として Augurscope [3]、TOWNWEAR [4]、Cyp-phone [5]、Touring Machine [6] などが挙げられる。これらは、端末に用いられるハードウェアが TV カメラ型や HMD であるので、端末重量が推定 2~10kg と重く、端末価格が推定 20 万~50 万円と非常に高価である。さらに現在は実験レベルのものであって、そのまま普及はできない。その点 3DSpaceTag は、au の GPS 携帯を用いるため、方向センサーがない、画面が狭い、現実との重ね合わせ表示が現状では出来ない、その他仕様が商用システムに依存するなどの様々な制約はあるものの低コストかつ軽量であり、しかもすぐ普及可能であるといった特徴を持つ。

本論文では、2 章でシステムの構成について詳しく述べ、3 章で本システムを用いた評価実験及び被験者を用いた実験によって得られた結果について報告する。4 章では結論と今後の課題について述べる。

2 サーバサイド画像生成システム

2.1 構成技術

本システムの実装は、Java 関連技術を中心として行うので、サーバに Java と 3 次元グラフィックスを作成するための Java の API である Java3D の実行環境を用意する。Java3D は、特定の 3D グラフィックスファイルフォーマットを持たないので特別なソフトがなくとも 3D グラフィックスを作成することができる。さらに、グラフィックスフォーマットの読み込みはローダライブラ

リとして提供されている。提供されているローダライブラリは、3D オブジェクトを作成するためのソフトである LightWave の LWS 形式と Wavefront の OBJ 形式を対象とする。今回は LightWave を使用した。

また、サーブレットを使用するために、サーバにサーブレットコンテナを導入する必要がある。一方、クライアント側が必要とするのは画像を出力するためのブラウザのみである。これは、サーバサイドで 2 次元画像を生成した後に、携帯電話のブラウザに出力するためである。このようにして、様々な出力の制限がある携帯電話でもスムーズに画像を出力できるシステムを構築する。

サーバ機の OS には Windows 2000 Professional を使用した。

2.2 システム構成

本システムの構成を図 3 に示し、それに基づいてシステム構成について説明する。

- (1) ユーザは GPS 携帯を用いて au の位置サーバ経由で位置情報を取得し、サーバに渡す。
- (2) サーバは渡されたユーザの位置情報とオブジェクトの位置情報を Java3D の座標系を元にした座標に変換する。また、ユーザから 3D オブジェクトまでの距離と方角を計算し、ユーザからの距離が近い順に並べ替えて出力する。
- (3) ユーザが選択したオブジェクトに対して、ユーザの位置からの 3D オブジェクトの見え方に合わせた 2 次元画像を生成する。この時、LightWave で作られた LWS(シーン) ファイルが読み込まれる。また LWS ファイルは LWO(オブジェクト) ファイルを参照する。図 4 はオブジェクト・シーン作成画面と、Java3D への読み込みの様子である。

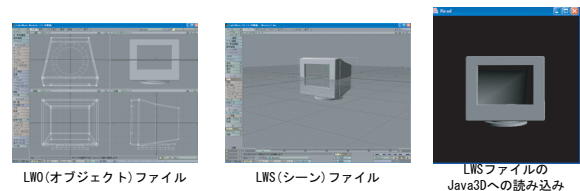


図 4: LightWave の作成画面と読み込み

- (4) 生成された画像及び計算により得た距離と方角を出力する HTML ファイルを生成し、ユーザ端末に出力する。

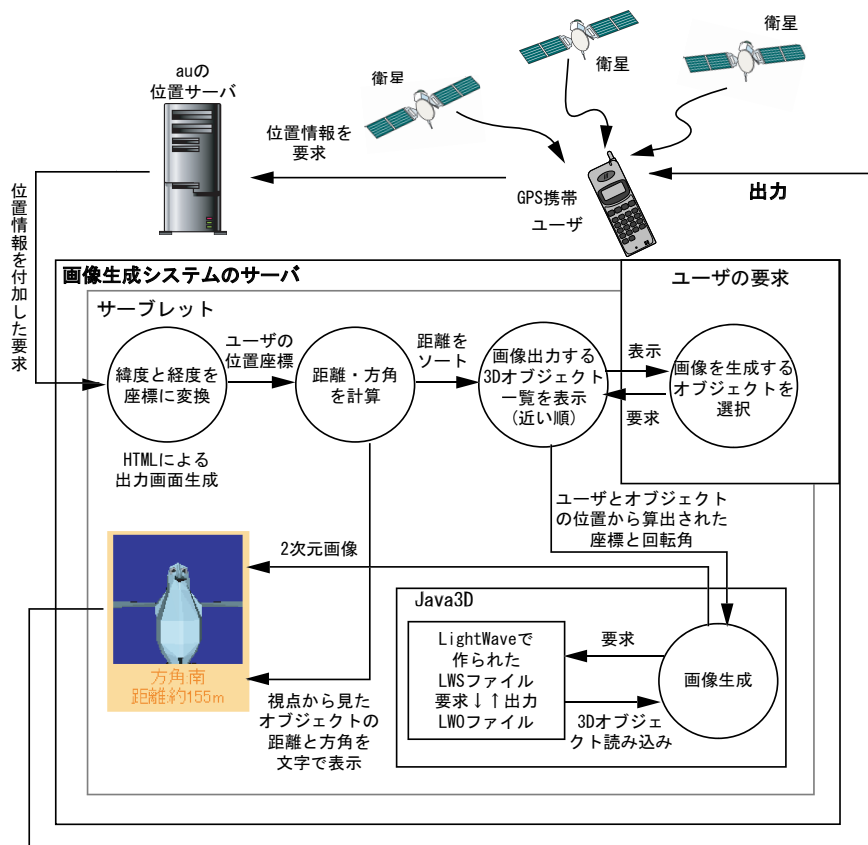


図 3: システム構成

図 5 に本システムによる携帯電話への画面の一例を示す。なお、本システムを適用した携帯電話は、au の A3012CA と C3003P である。

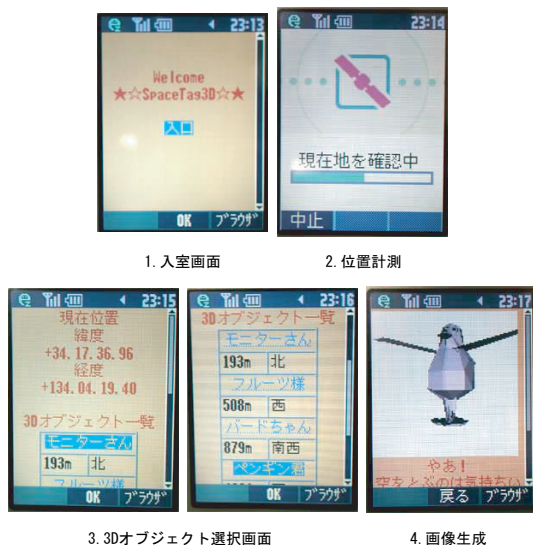


図 5: 出力画面の一例

図 5 の「1. 入室画面」の入口を選択すると、図 5 の「2. 位置計測」に見られるように位置情報を取得する。現在の性能では、位置情報を取得するまでに約 20 秒弱かかる。位置情報を取得し終わると、図 5 の「3. 3D オブジェクト選択画面」で見られるように取得した位置情報を表示する。その下に、画像の生成が可能な 3D オブジェクトの一覧が表示され、複数あるオブジェクトは近いものほど先に出力される。またこのとき、オブジェクト名だけでなくユーザ端末からオブジェクトまでの距離や、ユーザ端末から見たオブジェクトの存在する方角も合わせて出力する。ユーザはこれらを元に、取得するオブジェクトを決定し選択する。そして、図 5 の「4. 画像生成」で見られるように画像が生成される。ユーザ端末から見たオブジェクトの存在する方角は、北、北西、西、南西、南、南東、東、北東の 8 つのパターンとした。取得画像はサイズを 120[dot]×120[dot] とし、どの携帯でも出力できるサイズにした。また、PNG 形式であるので、画面メモに登録して壁紙として設定することもできる。

3 利用実験

3.1 検証実験

サンメッセ香川 (香川県高松市林町) に対応する位置に鳥の 3D オブジェクトを配置し、ユーザが移動しながら鳥にアクセスする。この時、鳥は南を向いて存在している。アクセスは図 6 に示される位置から行い、そのときの生成画像の違いを距離が変化したときについては表 1 に、方向が変化したときについては表 2 に示す。表 1 及び表 2 の No. と図 6 中の数字は対応している。

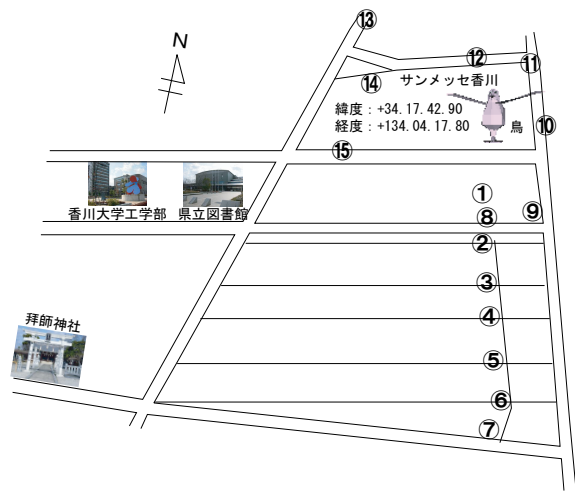


図 6: 検証実験のアクセス場所

表 1: 様々な距離からのアクセスによる生成画像

No.	①	②	③
生成画像			
ユーザ端末の緯度	+34.17.37.28	+34.17.33.66	+34.17.29.87
ユーザ端末の経度	+134.04.17.17	+134.04.18.09	+134.04.18.48
方角	北	北	北
距離	174m	287m	405m

No.	④	⑤	⑥	⑦
生成画像				
ユーザ端末の緯度	+34.17.26.97	+34.17.22.89	+34.17.19.08	+34.17.16.47
ユーザ端末の経度	+134.04.19.39	+134.04.20.25	+134.04.21.23	+134.04.20.27
方角	北	北	北	北
距離	497m	625m	745m	823m

表 1 に示される方角と図 6 から、鳥の 3D オブジェクトはユーザから見て北の方向にあることが確認できる。また、オブジェクトまでの距離が近いときは大きく表示

され、遠くなるにつれてだんだん小さく表示される様子が見え、はっきりと示されている。さらに、鳥の 3D オブジェクトまでの距離が 200m よりも近いときには、表 1 の「No.1」のように、鳥の発言する言葉が見えるようになる¹。なお今回の場合、鳥の発言はその都度生成されるものではなく、事前に用意されているものである。

図 6 と表 2 からわかるように、サンメッセ香川の周辺を動きながらアクセスすると、ユーザ端末から見たオブジェクトの方向と見える面が変化する。例えばユーザがオブジェクトよりも南からアクセスした場合 (No.8)、南向きの鳥は正面を向いていることがわかる。

表 2: 様々な方向からのアクセスによる生成画像

No.	⑧	⑨	⑩	⑪
生成画像				
ユーザ端末の緯度	+34.17.35.28	+34.17.38.89	+34.17.44.40	+34.17.47.58
ユーザ端末の経度	+134.04.17.27	+134.04.25.76	+134.04.25.06	+134.04.23.63
方角	北	北西	西	南西
距離	236m	250m	204m	218m

No.	⑫	⑬	⑭	⑮
生成画像				
ユーザ端末の緯度	+34.17.46.23	+34.17.48.54	+34.17.45.16	+34.17.34.99
ユーザ端末の経度	+134.04.14.87	+134.04.05.28	+134.04.07.78	+134.04.10.57
方角	南	南東	東	北東
距離	145m	342m	242m	294m

3.2 被験者による評価実験

2003 年 1 月 28, 30, 31 日の 3 日間で 20 ~ 23 歳の男女学生 15 人に、GPS 携帯を用いて図 7 に対応するように配置された 4 つの 3D オブジェクトにアクセスするように指示した。さらに、複数のオブジェクトに場所を移動しながら何度もアクセスし、生成画像の変化の様子を体験してもらった。

4 つの 3D オブジェクトを香川大学工学部 (緯度: +34.17.34.16、経度: +134.03.49.31) からアクセスした場合の出力の違いについて、図 8 に示す。図 7 に示された位置にオブジェクトが存在している様子が、おおよその距離と方角及びオブジェクトの見え方により確認できる。

¹写真のコントラストが悪いが、「やあ！空をとぶのは気持ちいいなあ」と文字で表示されている。

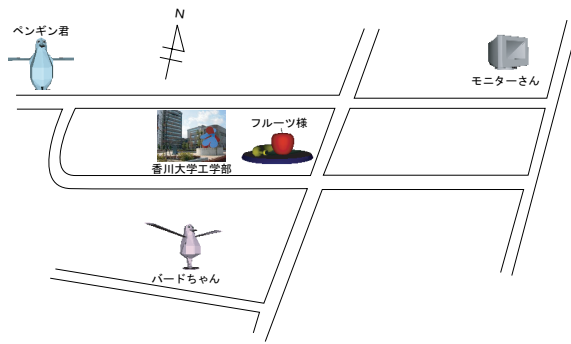


図 7: 被験者による評価実験におけるオブジェクトの配置





オブジェクト名	ペンギン君	フルーツ様	バードちゃん	モニターさん
生成画像				
オブジェクトの緯度	+34.17.34.61	+34.17.33.42	+34.17.21.00	+34.17.42.90
オブジェクトの経度	+134.03.39.45	+134.03.59.55	+134.03.50.30	+134.04.17.80
方角	西	東	南	東
距離	246m	257m	408m	745m

図 8: 工学部から見た 4 つのオブジェクトの様子

実験後、15 人に対して行ったアンケートの項目と評価の平均値を表 3 に示す。評価は 5:非常に感じた、4:少し感じた、3:どちらともいえない、2:あまり感じない、1:全く感じないの 5 段階評価である。表 3 に示されるように、本システムは概ね好評だったことがわかる。

表 3: アンケート項目と評価の平均値

アンケート内容		平均値
実空間について	1 オブジェクトまで遠いや近いなどの距離を感じましたか?	4.3
	2 自分が動くときオブジェクトに近づいているまたは遠ざかっていると感じましたか?	4.6
	3 オブジェクトは同じ場所にあると感じましたか?	3.8
	4 オブジェクトがそこに存在しているという現実感を感じましたか?	3.3
生成画像	5 自分が移動することによりオブジェクトの見え方は変化したと感じましたか?	4.6
	6 オブジェクトは立体的に見えましたか?	4.3
総合的に	7 3Dオブジェクトが気軽に携帯電話で見る事が出来るのは魅力的だと思いますか?	4.3
	8 仮想空間に3Dオブジェクトがあることは面白いと感じましたか?	4.5

● 実空間について

アンケート項目 1~4 では実空間にオブジェクトが存在していると感じるかどうかを評価した。距離感については、生成画像がユーザ端末からの距離によって逐次計算され、それに見合う画像が生成されているために評価値は高い値を示した。しか

し、3D オブジェクトに背景がなく白や青などの色で塗られていることによって、現実感を感じにくいとの意見があったので改善する必要がある。

改善策として次のようなことが考えられる。1つは、カメラ機能を利用して液晶に表示される現実世界の映像の上に仮想オブジェクトを重ねて表示させるというものである。もう1つは、あらかじめ現実世界の建物をすべて 3D オブジェクトとしてデータベースで管理しておき、アクセスがあった場所の建物をデータベースから取り出して、背景を作成するというものである。しかし、これらは開発に情報と時間を要する。

● 生成画像

アンケート項目 5, 6 では生成画像についての評価をした。オブジェクトの見え方の変化や立体感については非常に評価が高い。しかし、画像の出力に時間がかかるので、もう少し短時間で画像を出力できるように改善すべきであるという意見もあった。

● 総合的に見て

アンケート項目 7, 8 では本研究の総合的な評価をした。評価値は高く、仮想空間や携帯電話への興味が高いことがうかがえた。

4 まとめ

4.1 結論

本システムではハードウェアのコストが安価である商用の携帯電話を用いて利用できる AR システムを構築した。

- (1) GPS 携帯を用いて取得した位置情報と 3D オブジェクトに付加された緯度・経度を利用して仮想空間座標を算出し、携帯への生成画像の出力を可能にした。
- (2) Java3D とサーブレットを用いて、任意の座標から 3D オブジェクトを閲覧できるシステムを製作した。
- (3) システムの評価実験を行い、方向・距離によって得られる画像が変化することを確認した。また本システムにより得られる感覚について調査し、良い評価を得た。

本システムにより、従来 2 次元情報を提供していた SpaceTag システムに 3 次元情報の提供も可能にした。また、これにより Tag からの距離や方角によって得られる画像や情報が異なるために、ユーザがその Tag までの距離感や方角を視覚的に認識することを容易にした。

4.2 今後の課題

本システムは SpaceTag の拡張であるが、現在の段階では本システム単体で成り立っており、既存の SpaceTag システム自体には移植できていない。そこで今後、SpaceTag システムに移植し、2 次元情報を提供している Tag と共存できるようにシステムを改良していく必要がある。以下に本システムの問題点や改善点をオブジェクト、携帯電話の制約の面から述べる。

- オブジェクト

3 章で用いた複数の 3D オブジェクトは 3D オブジェクトに近づきすぎると、オブジェクトの内部に入ってしまう、画像が出力されないという現象が起きてしまう。よって、オブジェクトの大きさやオブジェクトに近づきすぎた場合の対処を考える必要がある。

- 携帯電話の制約

今回使用した携帯電話には gpsOne が標準装備されているが、その利用方法については公開されておらず、非公式な情報²のみを利用した。よって、位置情報取得は、ブラウザと HTTP を使った所定の方法に基づいて行った。つまり、端末側に Java などのプログラムを搭載して位置情報を利用することはできなかった。

本来であれば、現実世界の映像 (カメラ機能を利用して液晶に表示される現実世界の映像) の上に仮想オブジェクトを重ねて表示したいが、その方法が今のところ分からない。仮想情報だけを液晶上に表示し、現実世界では文字で指示された方向にあるものとしてユーザに提示するのみにとどまった。

これらの課題については、携帯端末等のシステムについてより詳しい情報が入手できればソフトウェアで解決できる可能性がある。

謝辞

本研究は科学研究費補助金基盤研究 (B)(2)「重畳型仮想システムの実用性実証研究」の支援を受けている。

参考文献

- [1] 垂水浩幸, 森下健, 中尾恵, 上林弥彦, ” 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 年 12 月.
- [2] ”Java 3D(TM) API Home Page”, <http://java.sun.com/products/java-media/3D/index.html>
- [3] H. Schnadelbach, B. Koleva, M. Flintham, M. Fraser, S. Izadi, P. Chandler, M. Foster, S. Benford, C. Greenhalgh, and T. Rodden, ”The Augurscope: A Mixed Reality Interface for Outdoors”, Proceedings of CHI 2002, ACM, pp.9-16 (2002).
- [4] K. Satoh, M. Anabuki, H. Yamamoto, and H. Tamura, ”A Hybrid Registration Method for Outdoor Augmented Reality”, Proceedings of IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality, pp.67-76 (2001).
- [5] T. Pyssysalo, T. Repo, T. Turunen, T. Lankila, and Juha Roning, ”CyPhone – Bringing Augmented Reality to Next Generation Mobile Phones”, Proceedings of DARE 2000 (Designing Augmented Reality Environments), ACM, pp.11-21 (2000).
- [6] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Hollerer, and A. Webster, ”A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment”, Proceedings of 1st International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97), IEEE, pp.74-83 (1997).

²”gpsOne で位置情報表示”, <http://orientering.hp.infoseek.co.jp/gps/gpsone.html>