

携帯電話向け三次元仮想都市におけるデータベース検索

水久保 勇記¹⁾ 松原 和也¹⁾ 垂水 浩幸¹⁾²⁾

¹⁾香川大学工学部/大学院工学研究科 ²⁾(株)スペースタグ

位置情報を手がかりに現実世界と仮想世界を重畳し、ユーザが GPS 携帯電話を用いて仮想世界を訪問するシステムにおいて、仮想世界により現実感を持たせるためには仮想の生物や建物を存在させることが考えられる。これらの仮想生物の動作を実現し、周囲の状況の計算量を軽減することが可能となるようなモデルの提案とデータベース検索について述べる。

A Database Search Method for a Virtual City for Mobile Phones

Yuki Mizukubo¹⁾ Kazuya Matsubara¹⁾ Hiroyuki Tarumi¹⁾²⁾

¹⁾Kagawa University ²⁾SpaceTag, Inc.

Our 3D virtual city system provides a virtual world overlaid onto the real world by location information, where people have experiences of virtual city with their GPS mobile phones. In a virtual city, virtual creatures and virtual buildings exist. In this paper, we describe a database search method and a model that realize movement of virtual creatures and reduce computational complexity.

1. はじめに

位置情報を特定できる移動端末を対象に、現実の位置に即した情報を限定配信するシステムが SpaceTag[1] である。また、この SpaceTag で配信される情報に三次元形状データを持つオブジェクトを追加し情報の三次元化を行ったものが 3DSpaceTag[2] である。この 3DSpaceTag を利用して現実世界に多数の三次元オブジェクトを配置して仮想の都市を構成し、ユーザが GPS 携帯電話端末を用いて仮想の都市を体験できるコンテンツが三次元仮想都市[3] である。

本論文では仮想オブジェクトを Tag と呼ぶこととする。これら Tag の情報をユーザが受け取る際に、近くのもの大きく、遠くのもの

小さく見えるといったような現実空間に似せた情報の伝達方式を実現しなければならない。また、Tag はその Tag の周囲の状況によって自分から移動したり会話を起こしたりという行

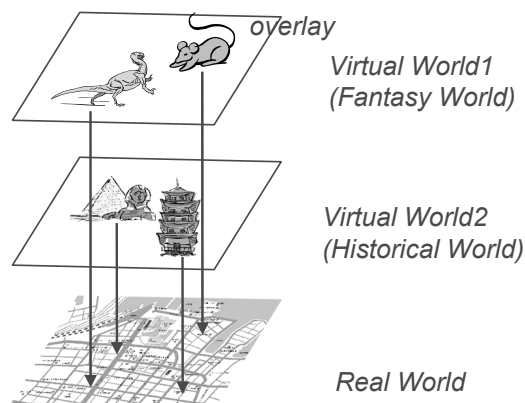


図 1. 仮想都市の概念図

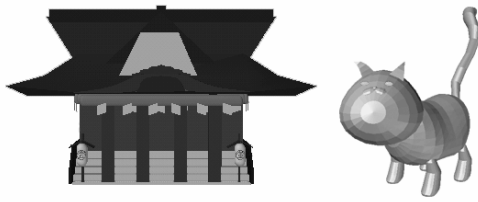


図 2. 静的 Tag と動的 Tag

動を起こすものも存在する。

Tag が周囲の状況によって自分から行動を起こす際に周辺の Tag の検索を行わなければならない。Tag は位置情報をもつデータである。位置情報を持つデータ群に対して検索要求の高速化を図るための手法に空間インデックス [4] と呼ばれる手法がある。この手法は多次元の空間に存在するポイント群に対して検索の高速化を図る上で有効な手段である。しかし、これらの手法は位置情報の更新が少ない静的なデータ群の検索を高速化する点では有効であるが、本研究で取り扱う Tag のような位置情報の更新が頻繁に起こることが予想される動的なデータ群の検索に関してはインデックス構築を何度もやり直す必要があり、有効であるとは言えない。また、仮想都市ではユーザから認識できる範囲が限られており、仮想都市全体を検索範囲とするのではなく認識できる範囲に検索範囲を限定することができる。そこで、本研究の目的は仮想都市に配置される Tag を表示し、また相互作用を効率的に行うためのモデルの提案と、データベースの検索を行うシステムの設計および実装である。

2. 背景

2.1. 三次元仮想都市

三次元仮想都市とは、GPS 付き携帯電話を用いて実世界の現在位置により三次元の画像と文章の情報を提供するシステムである。図 1 は仮想都市の概念図であり、ユーザは複数ある仮

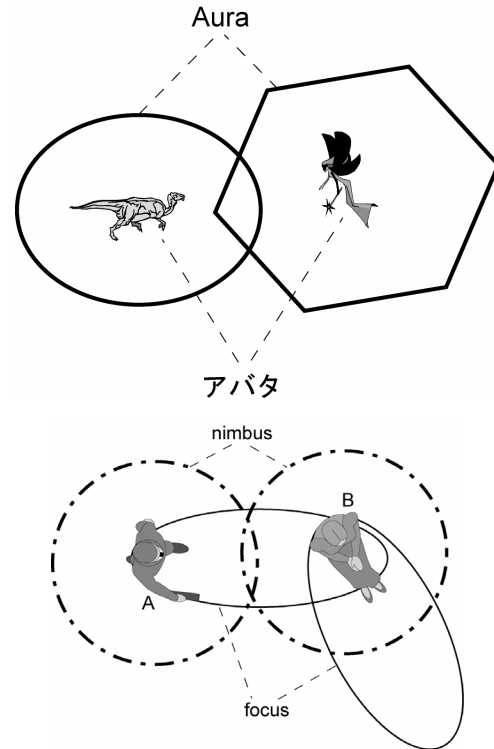


図 3. Benford モデル

想世界の中から一つを選び、その世界を閲覧することができる。また、仮想都市には建物などの静的 Tag と動物などの動的 Tag が存在する (図 2)。前者は一般的な建物や植物など自発的に行動を起こさないものを指し、後者は動物など動的な生物を指す。ユーザは、現実世界に対応付けられた Tag に近づく事でそれらの情報を得ることができる。

2.2. Benford モデル

Benford らの提唱したモデル [5] は仮想世界内でユーザのアバタが他のアバタと出会い、様々な相互作用を効率よく行えるように考えられたものである。このモデルは、アバタに遠くのものにはよく見えない、遠くの声はよく聞こえないといった現実世界における一般的な状態を仮想世界において実現するためのものである。このモデルにおいてアバタは Aura, Nimbus, Focus と呼ばれる任意の形状、大きさの 3 つの空間を持つ (図 3)。複数のアバタの

Aura が重なり合っていると重なり合っているアバタ同士でなんらかの相互作用が起こる可能性がある。ここで言う相互作用とは、自分とは別のアバタを見ることができたり、話しかけたりといった動作の事である。Aura の概念を導入することにより、相互作用の起こる可能性のあるアバタを絞り込むことができ、計算量を軽減することが可能となる。Nimbus 及び Focus はアバタ同士でやり取りされる情報量を決定付けるための空間である、Nimbus は「アバタ A がアバタ B の Nimbus の内部に入れば入るほど A は B から多くの情報を受け取る」という特徴を持ち、Focus は「A が B の Focus の内部に入れば入るほど B は A から多くの情報を受け取る」という特徴を持つ。

3. 三次元仮想都市におけるデータベース検索システム

3.1. Tag モデルの提案

三次元仮想都市において動的 Tag は自身の周囲の状況によって、自分から移動したり会話を起こしたりという行動をとることができる。しかし、三次元仮想都市は非常に広域な空間に多数の Tag が存在することを想定しているため、一個の Tag が他の Tag に与える影響（相互作用が可能かどうか）を存在する全ての Tag に対して判定を行おうとすると膨大な計算量になってしまう。

ここで、計算量を削減するために Tag が相互作用の可能性の判定を行う空間を制限する事を考えた仮想世界全体を一定の区域で区切り、その区域内に存在する Tag をリストとして保持し、Tag が区域間の移動を行った際にそれらの区域のリストを更新する。ある Tag の周囲の状況を考えるとき、その Tag が存在する区域に登録されている Tag 群に対して判定を行えばよい。

この考え方は前述した Benford モデルにおけ

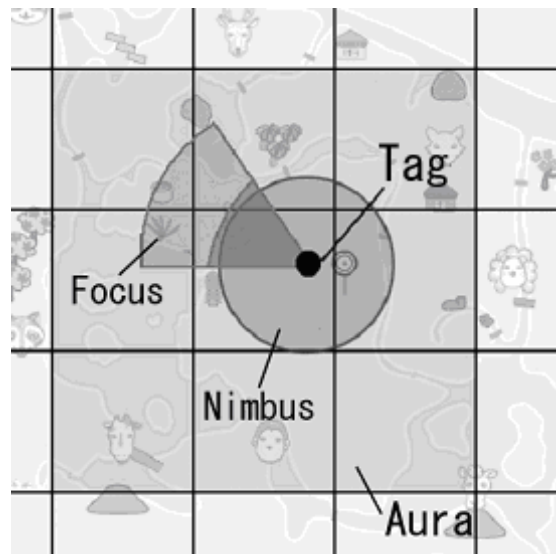


図 4. 提案した Tag モデル

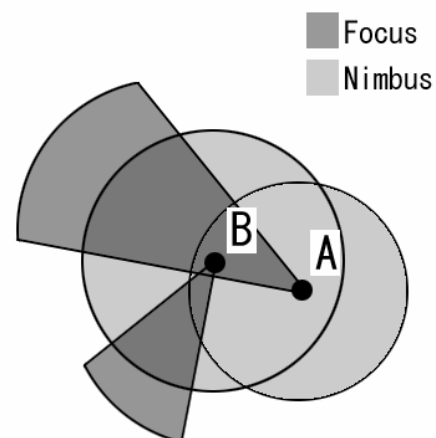


図 5. Tag モデルのサンプル

る Aura とほぼ同じ考え方であると言える。そこで、Benford モデルの概念を三次元仮想都市で、より利用しやすい形に適用する事とした。ここで Benford モデルのアバタを仮想世界では動的 Tag およびユーザとして適用する。

動的 Tag 及びユーザは Aura, Nimbus, Focus と呼ばれる空間を持つ。Aura は、一定の矩形に区切られた仮想空間の、Tag 自身が位置する矩形を中心とした四角形の空間である。Nimbus は自身を中心とした円形の空間であり、その Tag が見える範囲である。Focus は Tag

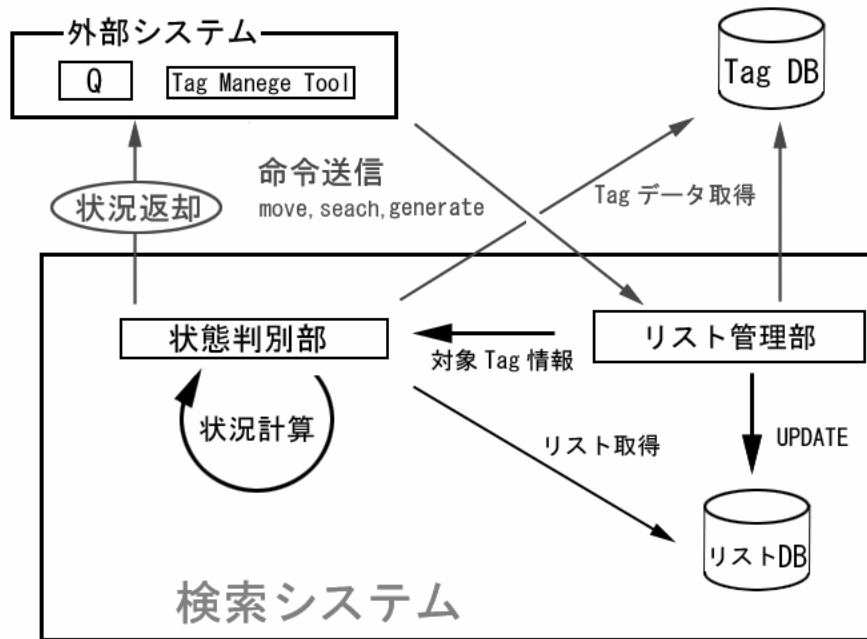


図 6. Tag 検索システムの構成

の向きや視野を表し、方向、長さ、角度で表される扇形の空間である。また、Focus はその空間をいくつかの段階に分ける。(図 4)

対象 Tag の Aura に含まれるその他の Tag のみを計算対象にすることにより、検索すべき Tag を絞り込み、計算量を減らす事が可能となる。また、Tag の Nimbus や Focus に他の Tag が含まれている場合、それぞれの値を取り、その値を用いて Tag 同士に相互作用が起こりうるかどうかを計算し判定する。仮に、Nimbus と Focus の空間内ならば 1、空間外ならば 0 の値を取るものとする。ここで Tag A の Nimbus に Tag B が含まれる状態を $N(A,B)=1$ と表し、Tag A の Focus に Tag B が含まれる状態を $F(A,B)=1$ と表すとする。ここで、 $N(B,A)=1$ かつ $F(A,B)=1$ ならば Tag A から Tag B になんらかのアクションをとる事ができるとする。これを用いれば複数の Tag 同士の状態を容易に計算、判別する事が可能となる。

仮想都市においては Focus を動的 Tag やユーザーの「影響を与えることができる範囲」、Nimbus を「影響を受けることができる範囲」

としているため、図 5 のような状態であれば、例えば Tag A から Tag B に話しかけると、Tag B はそれに反応して Tag A の方向に振り向くといった動作が可能となる。

3.2. データベース検索システム

本システムは前述の Tag モデルを用いて、三次元仮想都市に存在する Tag の検索及びリスト管理を行う。システムが検索に用いる Tag の属性は Symbol (Tag の名前)、lat (緯度)、lon (経度)、nimbus (Nimbus の半径 (m))、aura (Aura のとる範囲指す数値。1 の場合、半径 1 の周囲 9 マスが aura となる)、direction (Focus の方向)、radius (Focus の長さ (m))、scope (Focus の範囲角) である。Symbol はユニークな値とし、direction は北を 0 として 0 から 359 までの値を取る。これらの情報は Tag データベースに登録されている。

本システムは同時に複数の外部システムからの要求を受けることが想定されるため、マルチスレッドサーバとしての実装を行った。

本システムは、Tag がどの区域に属するかを

表 1 : Tag 検索システムの機能一覧

命令	内容	フォーマット	返却値
move	移動	move,[symbol],[lat],[lon]	Symbol で示す Tag の周囲の状況を返却(2)
generete	生成	generate,[symbol],[lat],[lon]	
seach	検索	seach,[Tag 情報(1)]	
seach_tag	検索	seach_tag,[symbol]	
seach_aura	検索	seach_aura,[lat],[lon],[aura]	lat,lon が示す Aura に存在する Tag を返却(3)
delete	消去	delete,[symbol]	成功 : 1, 失敗 : 0

注(1) Tag 情報は[symbol],[lat],[lon],[nimbus],[aura],[direction],[radius],[scope]である。

注(2) 全ての Tag の nimbus 及び Focus の値に応じて文字列を作成して返却する。

0.0:[symbol],[symbol],…/0.1:[symbol],[symbol],…/1.0:[symbol],[symbol],…

注(3) 全ての Tag の symbol を連結した文字列を返す。

[symbol],[symbol],…

管理するリスト管理部と検索対象 Tag の周囲の状態を計算する状態判別部の二つから構成される。また、リスト管理のためのリストデータベースを持つ。Tag データベース及びリストデータベースはMySQLデータベースで構築されている。リストデータベースは仮想都市を区切っている区域の数だけ Table を持ち、それぞれの区域に存在する Tag の Symbol を格納するデータベースである。本システムの構成を図 6 に示す。

Tag の移動などのアクションは Q[6] やその他の外部システムにより制御される。現在、三次元仮想都市において実装されている Tag のアクションの中で位置情報に関するアクションは Tag の移動と Tag の生成である。Tag の移動は自身の位置情報を更新する機能であり、Tag の生成は自身とは別の新しい Tag を生成する機能である。これらは Q によって実装されており、その命令は move, generate とそれぞれ呼ばれる。本システムはこれらの外部システムからの命令を受け取ることによって処理を開始する。外部システムが Tag データベースを更新した際に更新内容と、対象 Tag 情報を本システムに送信する。本システムは命令を受け取る

とまずリスト管理部によって、リストデータベースの更新を行う。次に状態判別部に処理が移る。状態判別部はリストデータベースから対象 Tag の Aura に該当する区域に存在する他の Tag 一覧を取得し、それらの Tag 群に対して周囲の状況の計算を行う。対象 Tag とその Tag の Aura 内の Tag 群との Nimbus 及び Focus の値を算出し、その結果を外部システムに文字列として返す。外部システムは返却された値から対象 Tag がどのような行動を起こすかを判断し、更なるアクションを Tag に取らせる。外部システムから送られる命令及び本システムから返却される値を表 1 に示す。

3.3. 効果

提案した Tag モデルの Aura による計算量の軽減効果は、遠距離の Tag が多くなればなるほど大きくなると考えられる。これまでに評価実験が行われた仮想都市[3]では、仮想都市 1 つ当たりの Tag の数は多くて 50 程度である。この程度のデータ数では Aura による範囲の絞り込みはさほど効果を得ない。しかし、将来仮想都市の構築が一般ユーザでも可能になり、様々な場所に数多くの仮想都市が構築されたなら

ば **Aura** による検索範囲の絞り込みの効果は大きなものになると考えられる。また、**Tag** の制御を行う外部システムは **Tag** の周囲状況の計算を本システムが行う事で、処理の軽減を実現することが可能である。さらに、状況計算を本システムが一括して行うことで外部システム毎の定義の違いなどが発生せず、ある **Tag** の動作を制御するシステムが変更されたとき同じ状況で異なる動作をしてしまうといった事がなくなり、三次元仮想都市の世界観が崩れるという問題を防ぐことができる。

3.4. 今後の課題

今回提案した **Tag** モデルで用いたパラメータはあくまでサンプルであり、**Aura**, **Nimbus**, **Focus** の値の取り方を三次元仮想都市に実装する際にどのように設定すれば効果的かを実験によって調査する必要がある。この実験には **Q** を用いて動的 **Tag** をエージェントとして実装し、エージェントレベルでの検証実験を行う予定である。

また、現在本システムが外部システムから受け取る命令の仕様は **move**, **generate** など独自のものとなっている。これでは理解しづらいので、命令に既存のデータベースマネジメントシステムで用いられている **SQL** 文に準じたものを追加することで一般化する必要がある。

4. 終わりに

本論文では現実世界に重畳される仮想世界をユーザに提供する三次元仮想都市におけるデータベース検索について述べた。仮想世界に配置される **Tag** と呼ばれる仮想オブジェクトが、より現実的な動作を実現することを可能とし、更に **Tag** の周囲の状況の計算を軽減するためのモデルの提案と、それを実現するためのシステムについて述べた。このシステムを用いることで計算量の軽減を実現でき、**Tag** の制御を

行う外部システムによる動作の違いを抑制する事ができると考えられる。

謝辞：

本研究に有益なコメントをいただいた東京大学空間情報科学研究センターの有川正俊先生に感謝する。本研究は、財団法人かがわ産業支援財団の産学官共同研究開発事業「仮想三次元都市の実空間への展開」の支援を受けている。

参考文献

- [1] H. Tarumi, et al. SpaceTag: An Overlaid Virtual System and its Application, Proc. of Int .Conf. on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'99), Vol. 1, pp. 207-212 (1999)
- [2] 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)
- [3] H. Tarumi, et al. Experiments of Entertainment Applications of a Virtual World System for Mobile Phones. In Proceedings of International Conference on Entertainment Computing 2005, pp. 377-388, (2005)
- [4] H. Samet, Applications of Spatial Data Structures: Computer Graphics, Image Processing, and GIS, Addison-Wesley, Reading, MA, 1990.
- [5] S. Benford, et al. A Spatial Model of Interaction in Large Virtual Environments, (ECSCW'93), Kluwer Academic, pp.109-124 (1993)
- [6] 石田, 他. インタラクシオン設計言語 : **Q** の提案, 人工知能学会論文誌, Vol.17, No.2, pp.166-169 (2002)