

分散オブジェクト指向空間情報システム DO-GSIS の  
空間オブジェクトキャッシュ機構と AHS 施設情報管理への適用性検討

谷崎 正明 嶋田 茂  
(株)日立製作所 中央研究所  
Email: {tanizaki,shimada}@crl.hitachi.co.jp

平岩 賢志  
通信システム事業本部  
masashi\_hiraiwa@cm.tcd.hitachi.co.jp

要 旨

ITS の一分野に自動車の安全走行支援を目的とした AHS(Advanced cruise-assist Highway System)がある。この AHS における通信施設情報管理システムでは、CORBA によって複数の企業によって独自に開発されたシステムとの相互運用を行う必要があるほか、リアルタイムに変化する通信機器の稼動状態を表す論理的な属性情報と物理的な空間情報とを統合して扱うことが要件となる。このシステム実現に向けて、分散オブジェクト指向空間情報システム(DO-GSIS: Distributed Object oriented Geo-Spatial Information System)の適用性を評価したところ、空間情報の検索性能が課題となった。そこで我々は、空間オブジェクトを集散的に蓄積して再利用するキャッシュ機構の方式検討を行った。

Geo-spatial Object Cache Mechanisms of DO-GSIS for applicability to  
AHS Facility Information Management

Masaaki Tanizaki, Shigeru Shimada  
Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory,  
Email: {tanizaki,shimada}@crl.hitachi.co.jp

Masashi Hiraiwa  
Telecommunications System Group  
masashi\_hiraiwa@cm.tcd.hitachi.co.jp

Abstract

We try to study applicability DO-GSIS (Distributed Object oriented Geo-Spatial Information System) to AHS (Advanced cruise-assist Highway System) facility information management system. In this system, it is necessary to interoperate among multi vendors systems. And it is also necessary to integrate the logical attribute information of communication facilities and the physical geo-spatial information of the real world. In order to meet these requirements, we propose geo-spatial object cache mechanisms utilizing stored geo-spatial objects.

## 1. はじめに

現在、社会インフラとして急速に整備が進められている分野に ITS(Intelligent Transport Systems) が挙げられる。この ITS は、高速道路における自動課金、車載端末への各種情報提供、及び車の自動走行支援等に大別される。このなかで車の自動走行支援に関しては、AHS(Advanced Cruise-assist Highway Systems)と呼ばれるシステムが検討されており、これは図1に示すように道路に敷設されたセンサーから路面状況や障害物等を検知し、路車間通信を介してリアルタイムにドライバーへ通知することによって安全走行を支援するサービスを提供するものである。この AHS の早期実用化を目指して AHS 研究組合[1]が組織され、多数の企業が参画して研究開発を進めている。

この AHS 研究組合活動の一環として、建設省土木研究所から日立を含む4社は AHS 評価システムの試作を目的とした研究開発の委託を受けた。この研究開発では、路車間での通信や各地に複数設置される管理センターと全体をまとめる統括センター間の通信等、将来構築される AHS の実用化に向けた評価システムの実装を行った。このなかで日立は、通信機器の稼動状態を実世界の道路上の位置に関連付けて管理することを要件とする通信施設の保守運用管理部の開発を担当した。

このようにマルチベンダーによって異機種分散システム環境で実装する場合には、分散システム間の通信基盤として CORBA を適用することが考えられている。そこで我々は、従来から進めてきた分散オブジェクト指向空間情報システム (以降、DO-GSIS と略称) を AHS 施設情報管理システムに適用し、その課題の抽出と解決策を検討した。実際に評価システムを試作した結果、AHS 施設情報管理システムへの CORBA 適用性の目処が得られたものの、空間情報検索に関しては効率向上への検討の余地が残った。

そこで本稿では、上記評価システムの性能評価を行った結果生じた空間情報検索効率の問題を解決するため、キャッシュの構成方式に関して検討した結果について述べる。以下、次節では AHS 施設情報管理システムの概要と課題、3節では課題解決のためのキャッシュ構成方式の検討結果、4節では評価システムの実装に関して述べる。

## 2. AHS 施設情報管理システム実装上の課題

### 2.1 AHS 施設情報管理システムの概要

前節で述べたように、我々は AHS のなかでも通信機器の保守運用を行うための施設情報管理評価システムを担当した。この AHS 施設情報管理システムの要件として、高速道路の路側に設置される通信機器の稼動状況を保守運用管理センターにおいて監視する機能が求められる。この機能を実現するため

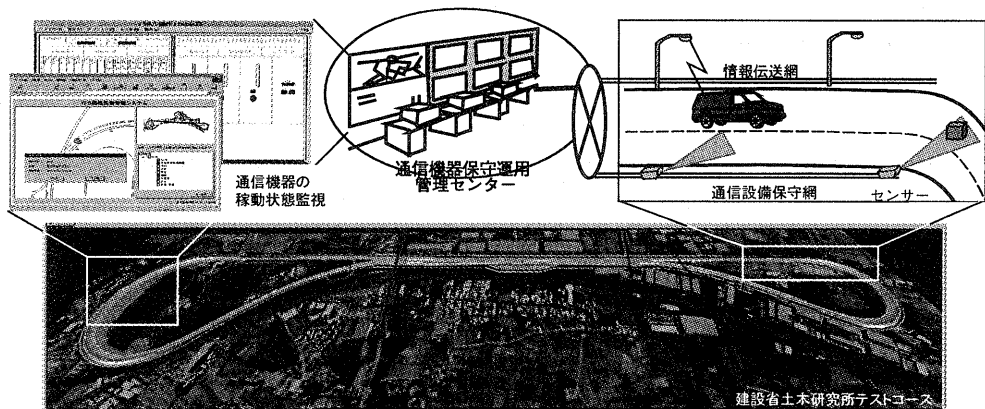


図1. AHS 施設情報管理の概念図

には、リアルタイムに変化する通信機器の稼動状態を表す論理的な属性情報と、実世界における通信機器の物理的な配置を表す空間情報とを統合して扱うことが必要となる。そこで我々は、これら2種類の情報を統合利用するため、分散検索及び統合処理を担う中間層を備える DO-GSIS を適用して図2に示すようなシステム構成をとった。

このシステム構成において、まず通信機器の属性情報に関しては、新たに CORBA によって通信機器管理機能を実現するのは実用的でないため、この分野で既にデファクトとなっている SNMP(Simple Network Management Protocol)に準拠したソフトウェアを用いて個々の機器の稼動状態をリアルタイムに取得し、この属性情報を CORBA によって統合管理部へ転送する方式をとった。

次に空間情報に関しては特性の異なる2種類の情報を扱う。一方は通信機器の配置及び構造を表す CAD による施設図であり、他方は道路や周辺の建物などを含む地形図である。これらの空間情報を、それぞれ DBMS を用いて管理し、CORBA によって統合検索部へ転送する方式をとる。

## 2. 2 AHS システム実装上の課題

前述のシステム構成をマルチベンダーによって異機種分散環境で実装する手段として、現状では CORBA を用いることが妥当である。しかも、このシステムの特徴として属性情報と特性の異なる2種類の空間情報を統合するために異種メディア統合処理を行う必要がある。これはクライアントで行うには負荷が大きいため、この処理を担う中間層を追加した3階層構成で実装すべきと考えられる。

また、このシステムの基本機能として求められる空間情報上での通信機器の属性表示を実現するには、SNMP ソフトウェアから約1秒間隔で更新される通信機器の属性情報を、施設図 DB と地形図 DB から取得して統合した空間情報上に表示しなければならない。このとき通信されるデータ量は、属性情報に関してはテキストや数値から構成されるため、仮に総計 300km の高速道路に設置された ATM 50 機を管理するとしても総計 1KB にも及ばない。これに対して空間情報では、個々のデータが可変長の数値配列からなり、しかも要素数が多いために通常一度に数百 KB 程度転送される。このことから予想されるように、属性情報の検索処理に対して、空間情報の検索応答が追従できない可能性が高い。また、上記のように CORBA を通信基盤として用いる場合、構造を記述するためのヘッダー等が付加されるために転送されるデータ量が余分に必要となる。よって、前述のように数値配列等の構造化データからなる空間情報を、CORBA 環境下で効率良く転送することが求められる。

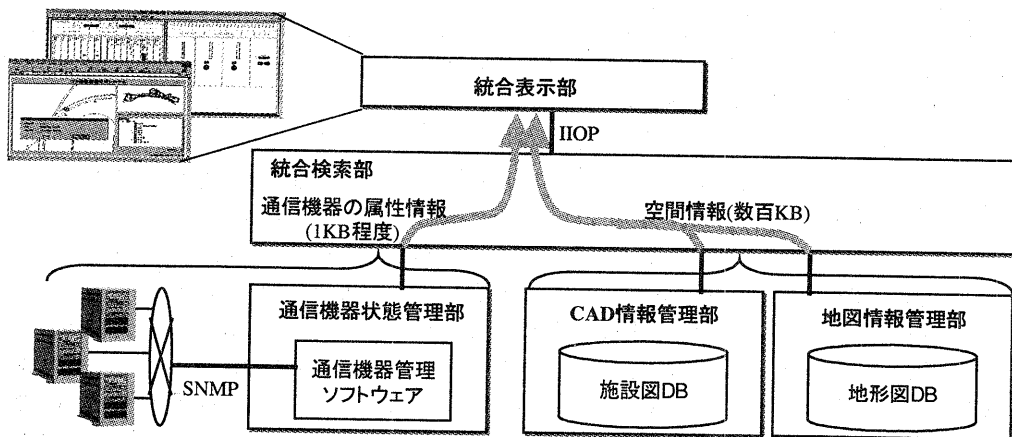


図2. AHS施設情報管理システムの構成

以上に述べた課題をまとめると次のようになる。

- (1) CORBA を用いた 3 階層システム構成での実装
- (2) 空間情報の検索性能向上
- (3) 構造化データの CORBA 環境下での転送効率向上

これらのうち (1) に関しては、Stanford 大と IBM により提案された異種データソース統合を目的とする TSSIMIS の 3 階層モデル[2]に従う方針をとることとする。また (3) に関して既に我々は、構造化データを効率良く一括転送する方式を提案している[3][4]。ここでは、空間情報の相互運用に関する標準化仕様である OGC[5]規定に従い、図形データをフィーチャーと呼ぶ空間オブジェクトとしてラップで構成し、個々に転送するのではなく種別毎に集合化したコンテナ型として一括転送することによって効率向上を図っている。

よって、本稿では (2) の課題に主眼を置き、この解決策としてキャッシュ機構に関して検討した。この内容について次節で述べる。

### 3. キャッシュ構成方式の検討

#### 3. 1 3 階層モデルにおけるキャッシュの構成

前節で述べたように、DO-GSIS を用いた AHS 施設情報管理システムの開発において、空間検索処理性能を向上しなければならないという課題がある。この DO-GSIS は異種データソース統合利用を目的とされた TISSIMIS の 3 階層モデルに基づいており、このモデルにおける検索処理に要する時間は、図 3 に示すようにクライアント、メデイエータ、データベースの処理時間をそれぞれ  $T_{CL}$ 、 $T_{MD}$ 、 $T_{DB}$ 、各階層間の通信時間をそれぞれ  $T_{CLMD}$ 、 $T_{MDDB}$  とすると、各空間データベースを並列に検索した場合の検索時間  $T_{ALL}$  は次のように表せる。

$$T_{ALL} = T_{CL} + T_{CLMD} + T_{MD} + \text{Max}(T_{MDDB} + T_{DB}) \quad (i=1,2,\dots,n)$$

我々としては、毎回クライアントからの検索のたびに DB 検索を行うのではなく、一度検索した内容をバッファに蓄えておき、次回以降の同一領域検索時に再利用するキャッシュ機構を検討する。

ここで 3 階層モデルにおけるキャッシュ機構としては、図 3 に示すように設置する個所によって、クライアントキャッシュ、リザルトキャッシュ、コネクションキャッシュ及び、データベースキャッシュの 4 種類に分類される。このなかでクライアントキャッシュやリザルトキャッシュは、検索結果を保持するバッファ領域を各位置に設け、検索時に要求された範囲のデータがバッファ領域に保持されていれば、データベースから検索する代わりにバッファ領域からデータを取得する方式であり、その場合の検索時間はクライアントキャッシュが機能した場合は  $T_{CL}$ 、またリザルトキャッシュが機能した場合には  $T_{CL} + T_{CLMD} + T_{MD}$  に低減可能となる。

一方、コネクションキャッシュはメデイエータとデータベース間のコネクションを検索の度に生成・消去せずに再利用する方式であり、データベースキャッシュは検索頻度の高い領域を予めディスクからメモリ上へ蓄積することによりディスク I/O の負荷を軽減する方式である。

以上に述べた各キャッシュのなかで、データベースは既存のレガシーシステムを対象とするため、新たに機能を組み込むのは困難であり、またクライアントとして我々は Thin クライアントを前提としているため、本稿では検討の対象を柔軟に調整可能なリザルトキャッシュに着目することとする。

ここで従来から検討されてきたキャッシュ機構に関して述べると、よく知られているものに W3C で発表されている Web キャッシュがある。この方式では、HTML 等のファイルを対象とするものであり、アクセス単位がファイルという粒度で、しかもリンクで航行可能なファイル間の関連に主眼をおいたものであるため用途が異なる。

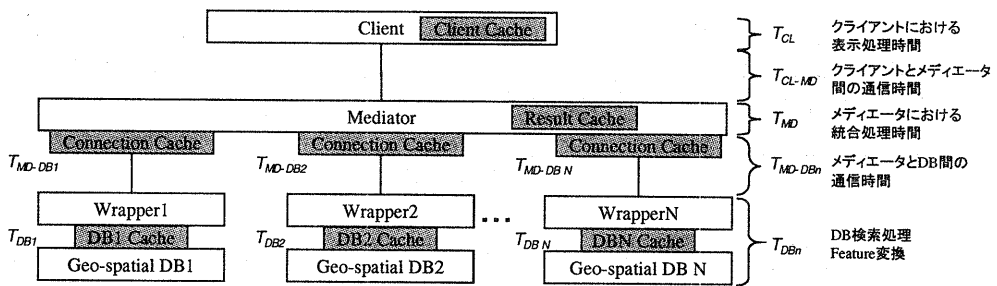


図3. キャッシュ機構の配置と各処理時間

一方、キャッシュを空間情報に応用したものに、通信・放送機構沖繩リサーチセンター[6]から提案されている方式がある。これは、アクセス単位を個々の空間オブジェクトとし、各要素に時刻印や距離に応じた優先度を付与してデータ領域が満杯になったときには優先度の低い要素から廃棄する方式である。しかし、一般に空間情報は矩形検索などのように隣接する空間オブジェクト群をまとめて要求される用途が多いため、各要素を個々に取得、あるいは廃棄する上記方式では実際に大量の空間オブジェクトを扱う場合に有効ではない。そこで我々は、空間オブジェクトの集合処理に基いたリザルトキャッシュの構成方式を検討することとする。

### 3. 2 空間オブジェクトキャッシュのデータ管理方式

前節で述べたように、空間情報向けリザルトキャッシュでは、個々の空間オブジェクト単位ではなく要素間の隣接関係に基づいたアクセスを主眼とするため、キャッシュの登録と廃棄を空間オブジェクトの集合を表すコンテナ単位としたアクセスによるデータ領域管理を行う方式が有効であると考えられる。

そこで、まずキャッシュのデータ登録を行う際の領域に関して検討する。データ登録領域の方式毎に重複登録、領域分割、メッシュ登録の3方式を図4に示す。ここでS1, S2はクライアントからの検索領域を示し、S1は既にデータ格納部へ登録済みであり、S2は新規に要求された領域であるとする。またciは該当する領域に存在する空間オブジェクトの集合を含むコンテナを表す。なお、ここでの前提として単純化のために、各図形要素は平面上に均一に分布し、またクライアントからの要求も偏りがなく要求領域は矩形に限定することとする。

以下順に各方式について述べると、まず重複登録方式ではクライアントから要求された領域を包含する領域が登録済みであれば該当するコンテナから、未登録であればそのままその領域を空間データベースから検索してそのままコンテナに登録するという方式である。この方式では、データ格納部の登録が単純である反面、図4に示すように空間オブジェクトが重複して登録される可能性があるためヒット率の観点からすると冗長である。

次に示す領域分割方式では上記方式の冗長性を除去するため、図4に示すように新規検索領域S2を既登録領域と未登録領域S2-1, S2-2の部分矩形に分割し、未登録領域のみ空間データベースから検索してデータ格納部へ登録する。この方式では、データ格納部の冗長性が除去できるためヒット率は向上する反面、既登録領域との未登録領域の判定処理が煩雑となる問題がある。

最後に示すメッシュ登録方式では、判定処理を単純化するため登録領域を予め格子状に分割した矩形単位とし、不足する領域のみ包含する矩形単位に空間データベースから検索を行う。この方式ではデータ格納部に冗長性はなく、しかも領域判定も単純な処理となるため有効であると考えられる。

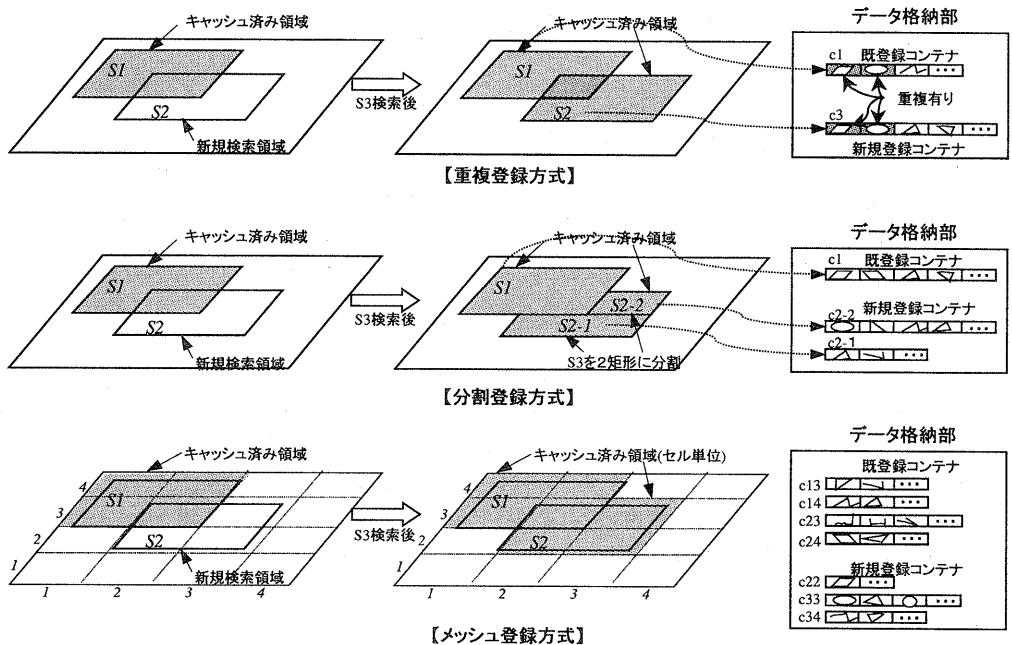


図4. データ管理方式の比較

### 3. 3 矩形メッシュ登録方式に基づく空間オブジェクトキャッシュの構成

前節でまとめた矩形メッシュ方式に基づく空間オブジェクトキャッシュの構成を以下に述べる。これは前節のキャッシュ領域を判定する領域判定部、及び空間オブジェクトを格納するデータ格納部、さらに、領域判定部とデータ格納部へのアクセスを制御するトランザクション管理部から構成する。

ここで各コンテナにはそれぞれ領域判定部で規定されているセル内に存在する空間オブジェクトの集合が格納され、セルとコンテナは1対1で対応付けられている。そしてトランザクション管理部では、コンテナを新たにセルに登録する領域判定部の更新中にはクライアントからの検索要求を2相ロックによってセル単位に制御する役割を果たす。この構成方式による検索処理の特徴として、未登録範囲の空間データベース検索の際には要求領域だけではなく、包含するセル単位の領域検索を行うために、クライアントからの検索後にスクロール等を行った際には有効に機能すると考えられる。

以上に述べた処理において、クライアントからの検索領域の一部でもデータ格納部に存在しなければ、空間データベースから検索し、空間オブジェクトキャッシュを更新する必要がある。また、この検索処理と並行して行う領域判定部への更新処理中は同じ領域への検索を受け付けられない難点がある。しかし、クライアントからの検索領域がすべてデータ格納部に存在すれば、空間データベースへの検索処理が省略されるため、大幅に検索時間の削減が図れると考えられる。

#### 4. 評価システムの実装

今回試作した評価システムでは、図5に示すようにHP社のWSで機器管理を、またSun社のWSで空間情報管理を行い、これらをPC上で統合及び表示する構成をとった。ソフトウェア構成に関しては、SNMP準拠の通信機器管理ソフトウェアとしてNETMcm2<sup>1</sup>を用いてATM等の通信機器の稼動状態管理を行い、空間情報の管理にはHiRDB<sup>2</sup>を用いて設備図及び地形図を管理した。これらをCORBA準拠のORBであるTPBroker<sup>3</sup>によって接続し、統合表示部でGeoMation<sup>4</sup>によって両管理部から取得する情報を重畳表示する構成をとった。

この評価システムの基本機能として、既に2節で述べたように、建設省土木研究所テストコースの通信機器配置図と都市計画図を背景に、通信機器の位置や稼動状態、及び通信機器インタフェイス上の障害発生箇所を表示する機能を実現している。

ここで実際に検索処理を行ったときのデータ量と処理時間の関係を、空間データベースにおける検索処理およびラップにおけるコンテナ生成時間と、クライアントにおける表示までの全処理時間とを測定した結果を図6に示す。グラフからわかるように、約300KBの検索表示処理に7秒程度要しており、通信機器の構成情報検索が1秒以内と予想されるのに比べて大きくかけ離れている。なお、今回の実装では、工数と期間の関係から前節で検討した空間オブジェクトキャッシュ機構の導入を見送っている。実際の運用時には通信機器に異常が発生してから3秒程度で端末上に表示されることが条件と想定すると、空間情報検索に関しては現状の構成のみでは十分ではなく、前節で検討したキャッシュ機構の導入により改善を図る必要があるといえる。

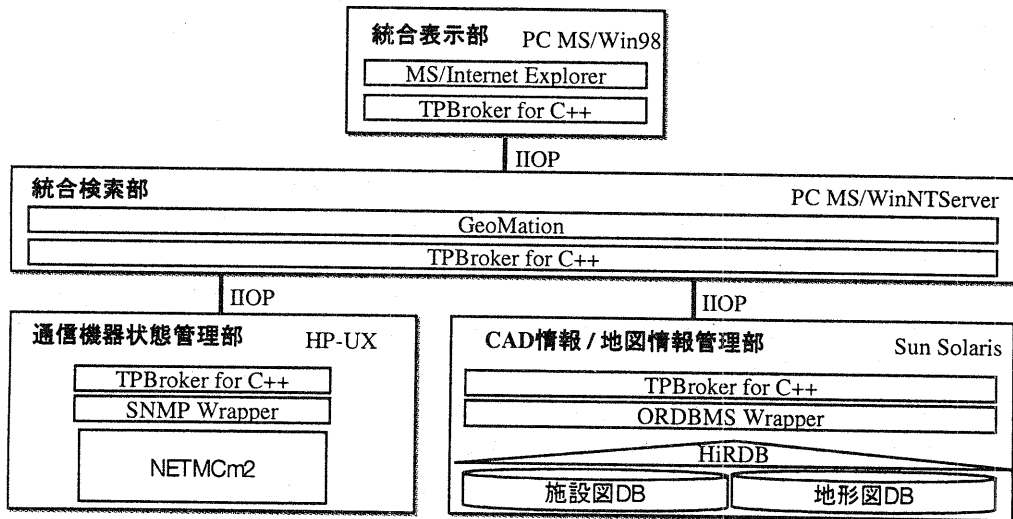


図5. 試作システムの構成

<sup>1</sup> NETMcm2 は日立製作所のネットワーク機器管理ソフトウェア商品の名称である

<sup>2</sup> HiRDB は日立製作所のデータベース管理システムソフトウェア商品の名称である

<sup>3</sup> TPBroker は日立製作所のCORBAソフトウェア商品の名称である

<sup>4</sup> GeoMation は日立ソフトウェアエンジニアリング社の相互運用型GISソフトウェア商品の名称である

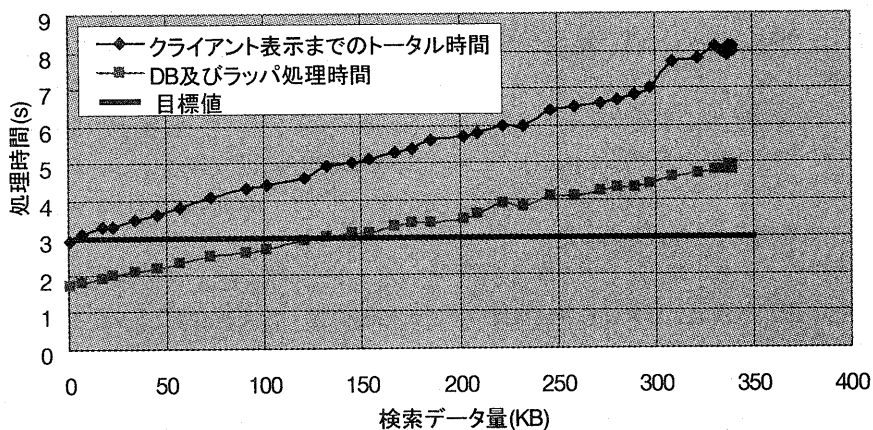


図6. 空間検索の処理性能

## 5. おわりに

本報告では分散オブジェクト指向空間情報システム DO-GSIS の AHS 施設情報管理への適用性を検討した。具体的には、実運用上への課題となる検索速度向上のために、キャッシュ機構に関して提案を行った。今後の課題としては、今回提案したキャッシュ機構の試作及び機能向上が挙げられる。

なお、本研究は建設省土木研究所の委託を受けて実施しているもので、引き続きご指導を仰ぎながら研究を進めていく。最後に本稿の執筆にあたり、さまざまご指導をいただいた AHS 研究組合通信プラットフォーム研究員の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] <http://www.ahsra.or.jp/> 技術研究組合 走行支援道路システム開発機構
- [2] Chen Li,他 1: "Capability Based Mediation in TSIMMIS". SIGMOD 98 Demo, Seattle, June 1998.
- [3] 谷崎正明,他 2: "空間情報相互運用テストベッドシステムにおける GSM(Geo-spatial Mediator)アーキテクチャ" 信学会,信学技報,DE99-7, pp37-44(1999年7月)
- [4] S. Shimada,他 1: "Geospatial Mediator Functions and Container-based Fast Transfer Interface in SI3CO Test-Bed" INTEROP'99, Zurich, March 1999
- [5] OpenGIS Consortium Inc: <http://www.opengis.org>
- [6] 賛良則,他 3: "キャッシュを用いた空間データオブジェクトの効率的転送手法について" 地理情報システム学会オブジェクト指向 GIS 研究会 99年7月