

GPS を用いた移動体データベースシステムの オフライン検索機能の実現

河内聡恵[†], 服部麻衣子[†], 増永良文^{††}

[†]お茶の水女子大学大学院人間文化研究科数理・情報科学専攻

^{††}お茶の水女子大学理学部情報科学科

〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

E-mail: {satoe, maiko, masunaga}@dbl-lab.is.ocha.ac.jp

あらまし 本研究では、まず GPS を移動体に搭載して、携帯電話で基地局と PPP 接続して、リアルタイムで GIS に複数の移動体の位置データを収集するシステムを作成した。続けて、GIS をリレーショナルデータベースシステムと連携させて、収集したデータを格納させ、移動体ごとの位置データ管理を可能とするとともに、これまで GIS がサポートしていなかった移動体間の問合せ処理を、データベースシステムとの問合せ処理機能と GIS 機能を融合させて実現した。開発したプロトタイプは、複数の移動体から取り込んだ位置データを一旦データベースに格納してから、様々な時空間的問合せに供すると言う意味で、オフライン検索機能を実現している。

キーワード：移動体，データベース，GPS，GIS，時空間問合せ，オフライン，ArcView

Realization of an Off-Line Query Function of a GPS-based Moving Object Database System

Satoe Kawachi[†], Maiko Hattori[†] and Yoshifumi Masunaga^{††}

[†] Graduate School of Humanities and Sciences

^{††} Department of Information Science

Ochanomizu University

2-1-1 Ohtsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan

e-mail: {satoe, maiko, masunaga}@dbl-lab.is.ocha.ac.jp

Abstract In this paper, we first report a location data acquisition system for mobiles using GPS whose data are sent to a GIS running on a host computer via ppp connection of a cellular phone. Then, we report how to integrate a GIS with a backend relational database system so that location data per mobile can be managed as well as spatio-temporal queries can be processed. A prototype system is developed to realize the so-called off-line query function, i.e. the system can answer to queries using the location data that have already stored in the backend database in a data acquisition phase.

Key words: moving object, database, GPS, GIS, spatio-temporal query, off-line, ArcView

1. はじめに

近年、GPS(Global Positioning System)やモーションキャプチャリングシステムのように、動く物体の位置を計測するためのセンシング技術の発達が著しい。これらの装置は、2次元や3次元の座標空間におけるオブジェクトの位置(=座標値)を一定時間間隔毎に取得できるので、様々な応用分野でその適用が試されており、測量や農業の分野などではGPSを用いたシステムが実用化されている。

一方、地理的位置(= geographic location, 緯度と経度と高度の組, 以下単に位置と書く)を手がかりに、位置に関する情報を有するさまざまなデータを統合的に管理して、高度な分析や迅速な判断を可能にするGIS(Geographic Information System)が普及してきている。一例として、市販のGIS製品であるArcView GIS (ESRI社製)[1]では、空間データの取得・保守・検索・分析・表示の機能を備えており、地図データ、統計データ、位置を持つ属性情報(例えば、駅や学校)などを統合的に管理して、検索や分析を行うと共に、その結果を視覚的に提示することができる。

さて、移動体の位置情報を時々刻々とデータベースに格納して、様々な時間的・空間的問合せが可能な移動体データベースシステムを構築していきたいという要求が近年ますます大きくなっている。ArcViewでもTracking Analyst[2]というオプションソフトウェアをインストールすることにより、GPSからの位置データを取り込める。研究・開発も活発に行われるようになり、例えば、Wolfsonらは、DOMINOというシステムをリレーショナルDBMS (Informix)を使って実現しようというプロジェクトを報告している[3]。ここでは、基本的にはSQLに基づき、その機能を拡張したFTL (Future Temporal Logic)という問合せ言語を提案している。その結果、例えば、“今から5分後に多分(=maybe)ペンタゴンの1マイル以内に侵入してくる車両”を求めることができるようになる。Stockusらは、GPSを搭載した移動体がWebブラウザとJava appletによりGPSデータを視覚化し、Web環境のもとインターネットを経由してサーバに格納してあるマルチメディアデータをアクセスするシステムを報告している[4]。我々は1999年度より、移動体データベースシステムの研究・開発に取り掛かり、その成果の一部を報告

してきた[5,6]。

さて、移動体データベースシステムを構築する方法には幾つかの代替案が考えられるが、中でも有力なアプローチがデータベースシステムとGISを統合して、更にその上に時空間的問合せ(spatio-temporal query)機能を実装する方法である。図1にその概念を示す。実際、DOMINOや我々が開発している移動体データベースシステムもそのアーキテクチャをとっている。この方式の利点は、バックエンドとしてのデータベースシステムが有する問合せ機能やトランザクション機能を使えること、GISが有する空間データの統合管理機能とビジュアルな表示機能を使えることがある。しかし、データベースシステムにもGISにも移動体データベースシステムが有すべき「固有機能」は備わっておらず、その開発が課題となる。そのためには、GISでできることとできないことを峻別しておかなければならないし、また移動体データモデルを明確にしておかなければならない。



図1 移動体データベースシステムの基本アーキテクチャ

更に、移動体データベースシステムを構築するにあたっては、ユーザがどのような問合せを望んでいるのか、逆にシステム側からはユーザにどのような問合せを許そうとしているのか、をきちんと想定して議論を進めないといけぬ。この問題は、上記データモデルの策定と表裏一体の問題であるが、大別すると次の2つの立場に分かれる：

- (1) 移動体データベースには様々な移動体の位置データや向き・方向などのデータが格納されるが、それは過去の測定データであって、ユーザはその過去のデータ群に対して、例えば、2つの移動体間の時空間的関係を問い合わせる、いわば、オフラインの問合せを実行する立場。
- (2) 移動体データベースには現在までの様々な移動体の位置データと関連データが時々刻々と格納され、ユーザはリアルタイムで、2つの移動体間の時空間的関係を問い合わせることができる。いわば、

オンラインの問合せを実行する。この場合、ユーザとしては、サーバ局にいるstationaryなユーザもいれば、まさに移動している自動車(=クライアント)の搭乗員もいることになる、という立場。

本論文では 移動体データベースシステムに関して、上記(1)の立場に立ち、移動体データベースシステムのアーキテクチャ、移動体データベースシステムへの移動体データの取込法、用いたGISシステムの移動体に関する問合せ機能の限界の吟味、移動体間の問合せ機能実現のためのアルゴリズムと実装、実験結果、などを研究・開発した結果を報告する。



図2 GPSからArcViewにいたる位置データの流れ

2. プロトタイプシステムの構成

2.1 GPS による位置データの収集と格納

GPSを使って位置情報および時刻情報を取得する。使用するGPSはTrimble社製のDGPS (Differential GPS)で、移動体の位置を、NMEA (National Marine Electronics Association)規格のGGAセンテンス(GPS測位データ)およびVTGセンテンス(対地方位と対地速度)で、1/10秒ごとに出力する。

我々は、2台の自動車にそれぞれクライアントコンピュータとGPSを搭載して都内を走行して、車載GPSからのNMEAメッセージを携帯電話を使ってホストコンピュータ上で稼動しているGISであるArcViewにリアルタイムで送信している。この送信は、そのためのソフトウェアIS Speed32を池谷電機製作所と共同開発して実現している。より詳しくは、IS Speed32 Clientが移動体のコンピュータ上で稼動し、GPSが取得した移動体位置データをPPP (Point-to-Point Protocol)接続により基地局のIS Speed32 Serverに送信し、さらに、それをEthernetを介してArcViewに送信している。これにより、時々刻々と送られてくる移動体の位置データを間断なくArcViewに取り込める。図2はGPSで取得した位置データがIS Speed32を介してArcViewにどのように流れていくかを示したものである。図3は実験時の車内の様子である。



図3 自動車での移動体データの取得

2.2 ArcView における移動体データの格納

さて、基地局に置かれているIS Speed32 Serverは、一般的には複数の移動体に搭載されたIS Speed32 Clientから送信される複数の移動体データを同時に受信する。このとき問題となるのは、まず、位置データの混在である。つまり、ArcViewでは複数の移動体からの位置データを到着順に、一つのファイル(これをArcViewでは属性テーブルという)に格納する。したがって、属性テーブルには複数の移動体の位置データが混在することとなり、移動体ごと、あるいは移動体間の問合せを実行できない。この問題を解決するためには、移動体ごとに属性ファイルを作成する必要があるが、ArcViewではそれを行う機能がない。それを本プロトタイプシステムではバックエンドのOracleとの連携で行う。これは次節でより詳しく述べる。

次に、実際に車両2台にGPSを搭載して東京都内を実験走行して位置データの取得を行ったところ、GPSでは1/10秒間隔で測定されていた位置データが、全て

はArcViewに到達しておらず、位置データの欠落が発生していることが判明している。したがって、移動体間の問合せ処理では、この欠落を前提とした処理が必要になる。(この問題は3.3節で詳しく論じる。)

また、送信されてきた位置データが、本来走行していた道路上にないという問題もある。通常、DGPSの誤差範囲は1メートル以内とされているが、この地点ではデータが対向車線にはみ出し、約3メートルの誤差があった。これは、「マルチパス(多重反射)」と呼ばれる現象から起きる誤差であることが判明した。マルチパスとは、衛星やGPS受信機の性能には全く関係のないもので、衛星から発信された信号が、受信機に到達する前の反射によって引き起こされる干渉である。都内を走行した場合、高いビルや、ガラス張りの建物などによって干渉が起こり、誤差が発生したと思われる。ずれの補正も3.3節で述べる。

2.3 バックエンド DBMS の機能

本プロトタイプシステムでは、バックエンドのデータベースシステムとしてOracleを採用している。バックエンドにデータベース管理システムを必要としている理由は大別すると4つある。(1)一般に移動体データは大量になりGISで格納・管理できるデータ量には限界があること。(2)我々のプロトタイプではArcViewの属性ファイルに混在する複数の移動体の位置データを移動体ごとの位置データ群に選別するのに、リレーショナルデータベースのSQLの選択演算機能を利用していること。(3)GISでは問合せ処理が定型的であり、柔軟な問合せに対応できないので、バックエンドのデータベースシステムの問合せ処理機能を利用できること。(4)移動体データベースシステムが複数の移動体の位置データを取り込みつつ、一方で複数のクライアントの問合せを処理しようとする場合には、バックエンドのデータベースシステムが有するトランザクション管理機能を利用できること、を挙げられる。

なお、ここで(2)のメカニズムをもう少し詳しく見てみると、まずArcViewで属性テーブルをOracleにロードできるCSV形式のファイル(カンマ区切りテキストファイル)に変換し、次にOracleの標準機能であるSQL*Loaderを用いてこれらのデータをOracleデータベースに格納する。一方、ArcViewにはSQL接続機能

があり、ODBCドライバを使用してOracleから所望の移動体のデータを個別に読み込むことができるので、移動体ごとの位置データをOracleから任意に取得することができる。

2.4 最上階レイヤ(固有機能の実現レイヤ)

移動体データベースシステムを実現するには、最下層のリレーショナルDBMS 中間層のGISに加えて、その上にシステム固有の機能を最上階レイヤで実装しないと行かない。ここで、このレイヤが果たさないといけない機能について考察する。このために、典型的なGISが時空間問合せに対してどのような機能を有しているのかを吟味してみる。このために現在世界で最も広く使用されているGIS製品であるArcViewをチェックする。先述のとおり、ArcViewはTracking Analystというオプションのソフトウェアを稼働させることにより、GPSなどの位置計測装置を取り付けると、移動体の位置データを1/10秒間隔で取り込めるようになる。しかし、ArcViewの問合せ機能を吟味してみると次のような際立った特徴があることが分る。まず、ArcViewでは、ポイント(駅や学校)・ライン(道路や河川)・ポリゴン(建物や敷地)データといった静的(statistical)な空間データ同士の問合せを組み込みのウィンドウで行える。更に、このような静的データと移動体データとの間で、例えば「茗荷谷駅から500m以内にいる移動体は?」といった問合せを表現して処理することができる。しかし、「移動体Aと移動体Bが何時何処ですれ違ったか?」などという移動体同士の問合せには全く機能しないことが判明した。その理由は単純で、そのような使われ方を想定していなかったからである。しかし、このような問合せこそ、移動体データベースシステムにとっては重要であり、最上階レイヤが果たさない基本機能の一つであるといえる。本論文はこの問題に挑戦している。

なお、プロトタイプシステムのハードウェア環境は次のとおりである：基地局のコンピュータはDell社製Power Edge2300(CPU: Intel Pro100 Plus Enet 3.1v, Clock: 600 MHz, RAM: 256 Mbytes), OSはMicrosoft WindowsNT Server Version 4.0, GPSはTrimble社製AgGPS132ピーコンDGPS受信機[7], また、GISソフトウェア、プログラムの作成に使用した

言語およびデータベースシステムは以下の通りである。GISソフトウェアはESRI社製ArcView GIS Version 3.2, プログラミング言語はAvenue (ArcViewのプログラミング言語)[8], データベースシステムはOracle Workgroup Server version 8.0.5である。ここで, 図4にプロトタイプシステムの構成の概略を示す。

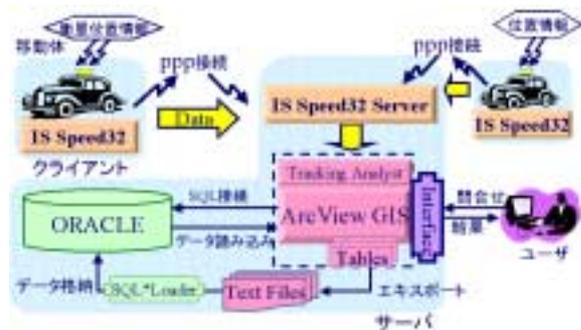


図4 プロトタイプシステムの構成

3. 移動体間問合せ機能の実現方式

3.1 オフライン問合せ処理

本研究では, 市販のGISとデータベースシステムとをシステム連携させて, 移動体データベースを実現するという視点に立っている。第一に行うべきことは, 複数の移動体の位置データを格納して, オフラインでよいから移動体間の問合せをどう処理するかの方を明らかにすることである。その方式が明らかになると, その機能拡張として, システムが如何にしてリアルタイムな問合せとその処理を実現できるを論じられる。このような理由から, 本稿では, 前者の視点に立ったシステム構築を報告している。

3.2 移動体間の問合せ

本節では, ポイント・ライン・ポリゴン・3次元的部分空間といった空間的オブジェクトに加えて, 一般に3次元空間を時間の経過と共に移動する移動体を導入したときに, どのような問合せが新たに出来るようになるのかを考察する。この場合, 空間的オブジェクト間の問合せに加えて, 次の二つのタイプの問合せが新たに発生する。

- (1) 移動体(m)と空間的オブジェクトであるポイント(p)・ライン(l)・ポリゴン(g)の時空間関係に関する問合せ。
- (2) 2つの移動体m1とm2間の時空間関係に関する問

合せ。

(1)について, 移動体とポイントの時空間関係を表すために述語 $r(m, p,)$ を導入すれば, r として; (a)時刻での距離, (b)時刻での p から見た m の方向, (c)時刻での位相, などを定義することができる。述語 $r(m, l,)$, $r(m, g,)$ に関しても, 同様に r を定義することができる。一方, (2)について, 2つの移動体間の時空間関係を表すために述語 $r(m1, m2,)$ を導入すれば, r として(a)時刻での距離, (b)時刻での $m1$ から見た $m2$ の方向, (c)時刻での位相, などを定義することができる。

つまり, 現行のArcViewの検索機能を上記の観点から分析してみると, 先述のとおり, 空間的オブジェクト同士の問合せに加えて(1)のタイプの関係を問う機能はいくつか備えているが, (2)のタイプの問合せ機能が備わっていないことがわかる。

更に詳しく見てみると, ArcViewは, 「条件検索」機能や「テーマによる選択」機能などいくつかの問合せ機能を備えている。ここで, テーマとはArcViewの用語で, 道路・建物・駅のような地理オブジェクトの集合を指す。これらの検索機能を組み合わせることにより, 非移動体(=空間的オブジェクト)同士に関する問合せや, 非移動体と移動体に関する問合せを行うことができる。例えば, 「お茶の水女子大学から1km以内にある道路を求めよ」はポリゴンとラインデータ間の問合せである。「車Aが茗荷谷駅から1km以内を走っていた軌跡を求めよ」は移動体とポイント間の問合せである。「車Aがある道上を走っていた軌跡を求めよ」は移動体とライン間の問合せである。これらの問合せは現行のArcViewで処理できる。しかし, ArcViewでは移動体同士に関する時間的・空間的問合せは想定されていないため, 例えば, 以下のような検索を行うことはできない。

- 「車Aが車Bとすれ違った地点・時刻を求めよ」
- 「車Aが車Bを追い抜いた地点・時刻を求めよ」
- 「車Aが車Bに追い抜かれた地点・時刻を求めよ」

移動体同士の問合せでは, 上記の問合せは最も基本的と考えられるので, 本研究ではまずこれらの問合せに焦点を当てて, その処理系とインタフェースを提供することとする。以下, そのために必要なデータの前

処理や問合せアルゴリズムなどについて述べる。

3.3 位置データの前処理

本節では、2つの移動体間の位置関係に関する問合せを実現するために必要な前処理について述べる。

(1) 各移動体の通った道路IDの取得

移動体間の問合せを行うためには、まず各移動体がどの道路を通ったかを知る必要がある。最初に、各移動体のポイントを通った道路に乗せる処理を行う。これには、ArcViewの「対話スナップ」機能を利用する。対話スナップ機能とは、選択されているポイントを最寄りのライン上に移動させる機能である。これによって、移動体位置データは最寄りの道路上にスナップされる。しかし、交差点付近を走った移動体データや、私道など地図にない道路上を走った移動体データなどは正しくスナップされない。したがって、これらのデータに対しては、ArcViewの地図画面上でマウスを用いて1点ずつ移動させて補正する。

次に、各移動体の通った道路ID (identifier)を調べる。本研究で使用している数値地図2500(国土地理院)では、ある交差点から次の交差点までを単位として道路が定義されており、それらの道路には各々IDが与えられている。各移動体を通った道路を調べるのに、ArcViewの「空間結合」機能を用いた。空間結合機能とは、あるテーマの各オブジェクトが別のテーマのどのオブジェクトに(距離的に)最も近いかを検索する機能である。各移動体の属性テーブルに道路の属性テーブルを空間結合することにより、各移動体の属性テーブルに道路IDが属性として追加され、各移動体を通った道路を知ることができる。

(2) 各道路に入った時刻と出た時刻に関するテーブルの作成

道路IDを取得し、時刻に関して昇順にソートされた各移動体の属性テーブルから、各道路に入った時刻と出た時刻を取得し、新たな属性テーブルを作成する。この属性テーブルは、移動体ID・道路ID・その道路に入った時刻・その道路から出た時刻という属性をもつ。

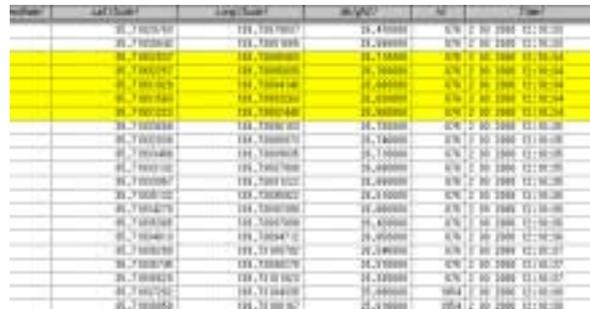
3.4 問合せ処理

本節では、移動体同士の検索を行うための手順を述べる。なお、ここでは2つの移動体が「すれ違った」という位置関係を検索する手法について述べる。まず、

2つの移動体がすれ違う条件をまとめると、次のようになる。

- [1] 2つの移動体が同時刻に同じ道路を通っている。
- [2] 2つの移動体の走行方向が逆である。
- [3] 同時刻での移動体間の距離が0である。

ただし、問題点として、ArcViewでは秒未満の時刻を表示することができないため、同じ時刻印をもつ異なる位置のデータが複数存在することになる。図5は取得した移動体位置データの一部を示したものであるが、12:10:34という全く同じ時刻のデータが5つあることがわかる。このため、図6のように2つの移動体間の距離が0となる同じ時刻のペアが複数存在し、いつどこですれ違ったのかを特定することができない。



OBJECTID	LINEID	TIME	X	Y
1	101	12:10:34	1000000	1000000
2	102	12:10:34	1000000	1000000
3	103	12:10:34	1000000	1000000
4	104	12:10:34	1000000	1000000
5	105	12:10:34	1000000	1000000
6	106	12:10:33	1000000	1000000
7	107	12:10:35	1000000	1000000

図5 ArcView属性テーブルの例

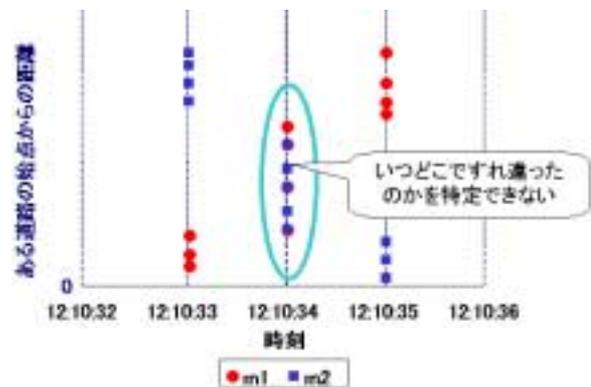


図6 問題点

さて、この問題を解決するための方法として、以下のように考えた。

時刻に関して線形補間を行い、人工的に秒未満の時刻を設定する。つまり移動体位置データが1秒間にn回取得されたとき、同じ時刻のデータに対し1/n秒ずつ細かい時刻を割り当てる。データ間は等速であると仮定する。時刻 t_i における移動体m1の位置を (x_i, y_i) 、時刻 $t_{i+1/n}$ におけるm1の位置を $(x_{i+1/n}, y_{i+1/n})$ とすると、時区

間 $[t_i, t_{i+1/n})$ における位置を表す式は次のようになる。

$$y - y_i = \frac{y_{i+1/n} - y_i}{x_{i+1/n} - x_i} \times x - x_i$$

同様に、時刻 t_i における移動体m2の位置を (x_i, y_i) 、時刻 $t_{i+1/n}$ におけるm2の位置を $(x_{i+1/n}, y_{i+1/n})$ とすると、時間区間 $[t_i, t_{i+1/n})$ における位置を表す式は次のようになる。

$$y - y_{i'} = \frac{y_{i'+1/n'} - y_{i'}}{x_{i'+1/n'} - x_{i'}} \times x - x_{i'}$$

時間区間 $[t_j, t_{j+1/n})$ におけるm1の位置を表す式をf、m2の位置を表す式をgとすると、2つの直線が交わる条件は次のようになる。

$$f(t_j) < g(t_j) \text{ のとき } f(t_{j+1/n}) > g(t_{j+1/n})$$

$$f(t_j) > g(t_j) \text{ のとき } f(t_{j+1/n}) < g(t_{j+1/n})$$

2つの直線が交わるとき、2つの移動体間の距離が0になるので、この時の位置をすれ違った地点とする(図7)。

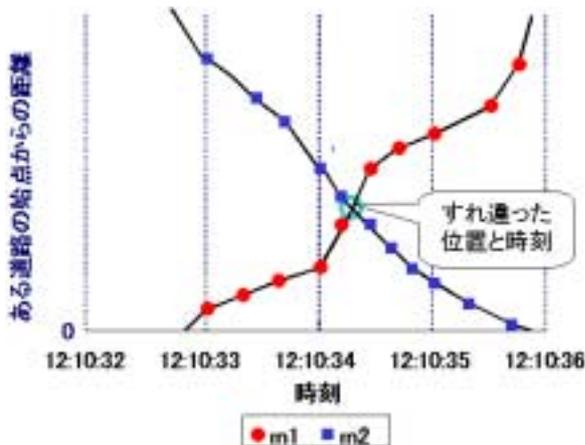


図7 線形補間

検索に使用する各移動体の属性テーブルは、移動体ID・緯度・経度・時刻・向き・速度・道路IDという属性をもっている。Mo1をm1の属性テーブル、Mo2をm2の属性テーブル、Mo1Timeをm1が各道路に入った時刻と出た時刻に関する属性テーブル、Mo2Timeをm2が各道路に入った時刻と出た時刻に関する属性テーブル、としたとき、2つの移動体が「すれ違った」という位置関係を検索する手順は次のようになる。

- (1) m1とm2両方が通った道路集合Rを求め、Rの各元 r_i に対して、m1とm2が r_i に入った時刻 $t_{1in} \cdot t_{2in}$ と r_i から出た時刻 $t_{1out} \cdot t_{2out}$ が、 $t_{1out} > t_{2in}$ かつ $t_{1in} < t_{2out}$ を満たすものの道路ID・ $t_{1in} \cdot t_{1out}$ と道路ID・ $t_{2in} \cdot t_{2out}$ を求める。ここで、実行されるSQL

文は次の通りである。

```
create view RoadID1 (ID,INTIME,OUTTIME)
as select Mo1Time.*
from Mo1Time, Mo2Time
where Mo1Time.ID=Mo2Time.ID
and Mo1Time.OUTTIME>=Mo2Time.INTIME
and Mo1Time.INTIME<=Mo2Time.OUTTIME;
```

```
create view RoadID2 (ID,INTIME,OUTTIME)
as select Mo2Time.*
from Mo1Time, Mo2Time
where Mo1Time.ID=Mo2Time.ID
and Mo1Time.OUTTIME>=Mo2Time.INTIME
and Mo1Time.INTIME<=Mo2Time.OUTTIME;
```

- (2) (1)を満たすMo1とMo2のタプルにつき、対地方位差が 180 ± 1 度であるタプルを選択する。ここで、実行されるSQL文は次の通りである。

```
select
Mo1.*,RoadID1.INTIME,RoadID1.OUTTIME
from Mo1,Mo2,RoadID1
where RoadID1.ID=Mo1.ID
and Mo1.TIME between RoadID1.INTIME
and RoadID1.OUTTIME
and abs(abs(Mo1.DEGREE-Mo2.DEGREE)-180)
< 1;
```

```
select
Mo2.*,RoadID2.INTIME,RoadID2.OUTTIME
from Mo1,Mo2,RoadID2
where RoadID2.ID=Mo1.ID
and Mo1.TIME between RoadID2.INTIME
and RoadID2.OUTTIME
and abs(abs(Mo1.DEGREE-Mo2.DEGREE)-180)
< 1;
```

- (3) (2)で選択したタプルに対して、時刻に関して線形補間を行い、2つの移動体間の距離が0である地点をすれ違った地点とする。

3.5 実装

上で示した手順を、SQL文をembeddedSQLとして

ArcViewのプログラミング言語であるAvenueに組込むことで実装した。この際、検索ウィンドウを作成するためにArcViewのDialog Designer[9]を使用した。図8は作成した検索ウィンドウである。なお、検索結果は、補間後の時刻が求めた位置に最も近いMo1あるいはMo2のタプルを求めて、それをすれ違った地点として黄色で強調表示する。

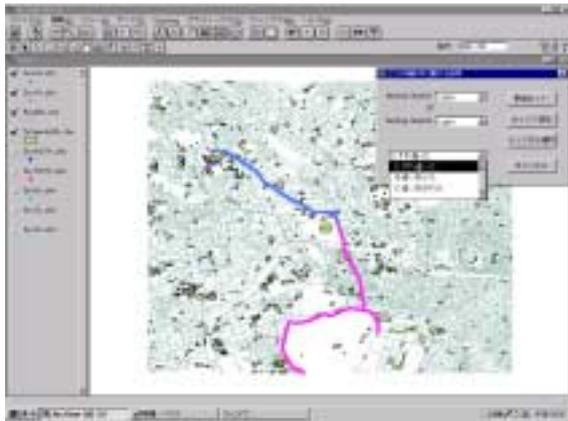


図8 実装した検索ウィンドウと結果表示

4. おわりに

本研究では、まずGPSを移動体に搭載して、携帯電話で基地局とPPP接続して、リアルタイムでGISに複数の移動体の位置データを収集するシステムを作成した。その際、IS Speed32の開発を行った。続けて、GISをリレーショナルデータベースシステムと連携させて、収集したデータを格納させ、移動体ごとの位置データ管理を可能とするとともに、これまでGISがサポートしていなかった移動体間の問合せ処理を、データベースシステムの問合せ処理機能とGIS機能を融合させて実現した。開発したプロトタイプは、複数の移動体から取り込んだ位置データを一旦データベースに格納してから、様々な時空間的問合せに供すると言う意味で、オフライン検索機能を実現している。

今後の課題としては、移動体の位置データをGISのみならず、バックエンドのリレーショナルデータベース管理システムにリアルタイムで格納する方式を開発して、加えて、基地局だけでなく移動体からもリアルタイムで様々な時空間問合せを発行・処理できるシステムへと開発していくことがある。そのためには、移動体データモデル、特にリアルタイム向けの問合せ言

語を設計・開発していく必要があると認識している。

謝辞

我々は、1999年度より本研究プロジェクトを立ち上げた。このプロジェクトに貢献してくれた富田真由美(現在日本IBM)に感謝する。

参考文献

- [1] Environmental Systems Research Institute. Inc. : ArcView GIS ユーザーズ・ガイド, 1996 .
- [2] Environmental Systems Research Institute. Inc. : Using ArcView Tracking Analyst , 1998 .
- [3] O. Wolfson, P. Sistla, B. Xu, J. Zhou and S. Chamberlain: DOMINO: Database for Monitoring Objects tracking, Proceedings of the ACM SIGMOD 1999 International Conference on Management of Data, Philadelphia, pp. 547-549, June 1999.
- [4] Arunas Stocks, Alain Bouju, Frederic Bertrand and Patrice Boursier: Integrating GPS Data within Embedded Internet GIS, Proceedings of the 7th International Symposium on Advances in Geographic Information Systems, Kansas City, pp. 134-139, November 1999.
- [5] 河内聡恵, 服部麻衣子, 増永良文 : GPSを用いた移動体データベースシステムの構築 - システム構成 - ,情報処理学会第62回全国大会講演論文集 ,4Y-04 , 2001年3月 .
- [6] 服部麻衣子, 河内聡恵, 増永良文 : GPSを用いた移動体データベースシステムの構築 - 空間的問合せ処理 - , 情報処理学会第62回全国大会講演論文集 , 4Y-05 , 2001年3月 .
- [7] Trimble Navigation Limited. : AgGPS 124/132 操作マニュアル(暫定版), 1999 .
- [8] Environmental Systems Research Institute. Inc. : Avenue ユーザーズ・ガイド, 1996 .
- [9] Environmental Systems Research Institute. Inc. : ArcView Dialog Designer ユーザーズ・ガイド ,1996 .