

7-12. ハイブリッド型高度精度位置特定技術仕様の作成

位置特定機器とインフラ情報を組み合わせた ハイブリッドな高精度位置特定

関本義秀^{*1} 上坂克巳^{*1} 都鳥健一^{*2} 奥谷正^{*3}

国土交通省国土技術政策総合研究所^{*1}

国土交通省東北地方整備局山形河川国道事務所^{*2}

国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所^{*3}

近年、道路におけるサービスの高度化と効率化が期待されている。とくにプローブや道路管理車両等、各種車両の把握は現在の位置情報がキーになっており、今後さらなる高精度化（例えば車線が判別できる程度）が期待されている。一方でGPS、ジャイロをはじめとして位置情報を取得する機器やインフラ側の情報としてのデジタル地図、シュードライト、タグ、準天頂衛星など位置特定のための基盤に関する研究・開発も進められている。しかし高精度で新たな情報を登録、提供することを目指す、0からこれらの要素を組み立て直すのは既存のカーナビに比べかなりのコスト高となり新たなサービスを展開しにくい。従って本研究では、位置特定機器、位置特定基盤に関する共通なインターフェイスを用意し、機器の乗換えや組み合わせを試行できる環境を提供し妥当な組み合わせを提案するとともに薬剤散布車両に適用した実験結果を紹介する。

Hybrid high accuracy positioning combining positioning devices and infrastructure information

Yoshihide Sekimoto^{*1} Katsumi Uesaka^{*1} Kenichi Todori^{*2} Tadashi Okutani^{*3}

National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport^{*1}

Yamagata Office of River and National Highway, Tohoku Regional Development Bureau,

Ministry of Land, Infrastructure and Transport^{*2}

Tosa Office of National Highway, Shikoku Regional Development Bureau,

Ministry of Land, Infrastructure and Transport^{*3}

Recently advanced services of roads are expected and current position is a key to grasp vehicles such as probe or road management vehicles. In addition, higher accuracy is highly expected, for example, for lane recognition. Furthermore, a remarkable progress can be seen in research activities of positioning devices and infrastructure. But it costs too much to combine some of these technologies, in order to provide new service that enables drivers to use high accuracy positioning data. In this study, we suggest common interface among positioning devices and infrastructure and propose an appropriate combination and outline the result of experiments with application to an agent scattering vehicle.

Keyword: Positioning, Hybrid, ITS, Infrastructure

1. 背景

近年、ITS の進展に見られるように、道路におけるサービスの高度化と効率化が期待されている。とくに民間におけるカーナビゲーションやバスロケーションシステム、行政側におけるプローブカーによる交通情報収集、除雪やパトロール等の管理作業などは車両の現在の位置情報がキーになっており、今後さらなるリアルタイム化、高精度化が期待され、例えば車線が判別できる程度の位置精度（縦・横ともに 1~2m）は 1 つの重要なマイルストーンと考えられる。

一方で GPS、ジャイロをはじめとして位置情報を取得する機器（以下、位置特定機器）は民間ベースで進歩を遂げており、安価なものであれば数万円程度から入手可能であるし、異種センサの組み合わせも試行されている。またインフラ側の情報としてのデジタル地図や直接何らかの情報提供を行うシェードライト、タグ、準天頂衛星、レーンマーカなど位置特定のための基盤（以下、位置特定基盤）に関する研究も進められている。

しかしリアルタイムで車線を判別できる位置精度を安定的に取得し、かつ新たな情報を登録、提供することを目指す、0 からこれらの要素を組み立て直し、試行錯誤を繰り返す必要があり既存のカーナビゲーションに比べ桁違いの開発・運用コストがかかることが多く、なかなか新たなサービスを展開しにくい。

従って本研究では、位置特定機器、位置特定基盤に関する共通インターフェイスを用意し、位置特定のための機器の乗換えや組み合わせ（以下、ハイブリッド位置特定）（図 1）を試行できる環境を提供しいくつかの妥当な組み合わせを提案するとともに、実運用での妥当性を確認するために薬剤散布車両に適用した実証実験（除雪 ITS）結果を紹介する。

既存の研究には、位置特定に関する統合的な基盤に関するものとして青木（2002）、小西（2004）などがあるがどちらかといえば歩行者が対象で車両等の本格的な適用は対象外である。センサと地図情報を組み合わせる手法として宮田ほか（1991、1994）が散見される程度である。道路管理への応用例として佐藤（2002）、都鳥ほか（2003）などがあるものの本格運用には至っていない。

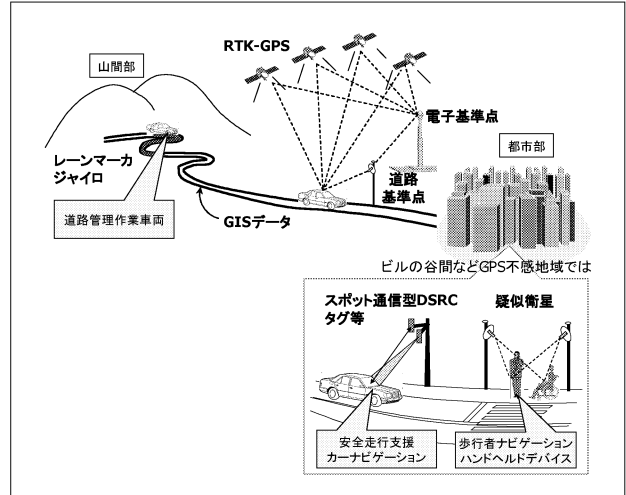


図 1. ハイブリッド高精度位置特定のイメージ

2. 高精度位置特定のインターフェイス

まず各コンポーネントのインターフェイスを図 2 のようにクラス図として整理した。大きく位置特定基盤と位置特定機器に分け、それぞれをジャイロ、レーンマーカ等の汎用的な名称で分類し、さらに個別の 1 軸ジャイロや 3 軸ジャイロといった種類について分類を行い、各メーカー固有の具体的な機器は値段や製品名や補正值等の属性を保持したオブジェクトとして生成を行う。さらにこれらのデータの処理には様々な補正が必要となるので、実際には図 3 のようにこれら計測器系のパッケージと補正アルゴリズム系のパッケージを組み合わせる用いて位置データを取得するようになっている。今回は 6 章で用いたクラスのみ作成しているものの、今後一通りそろえライブラリとする予定である。

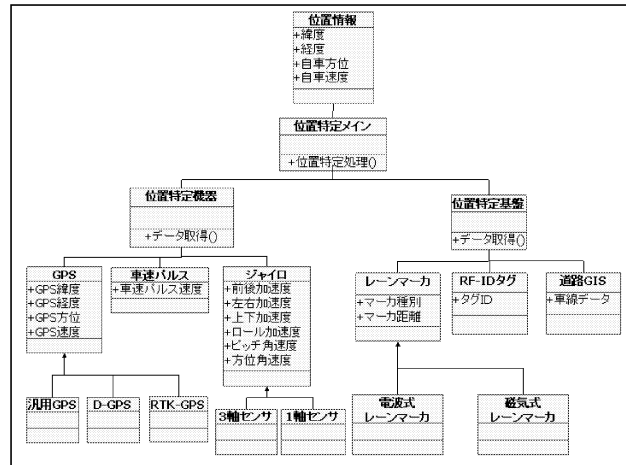


図 2. 位置特定に関するクラス図概要

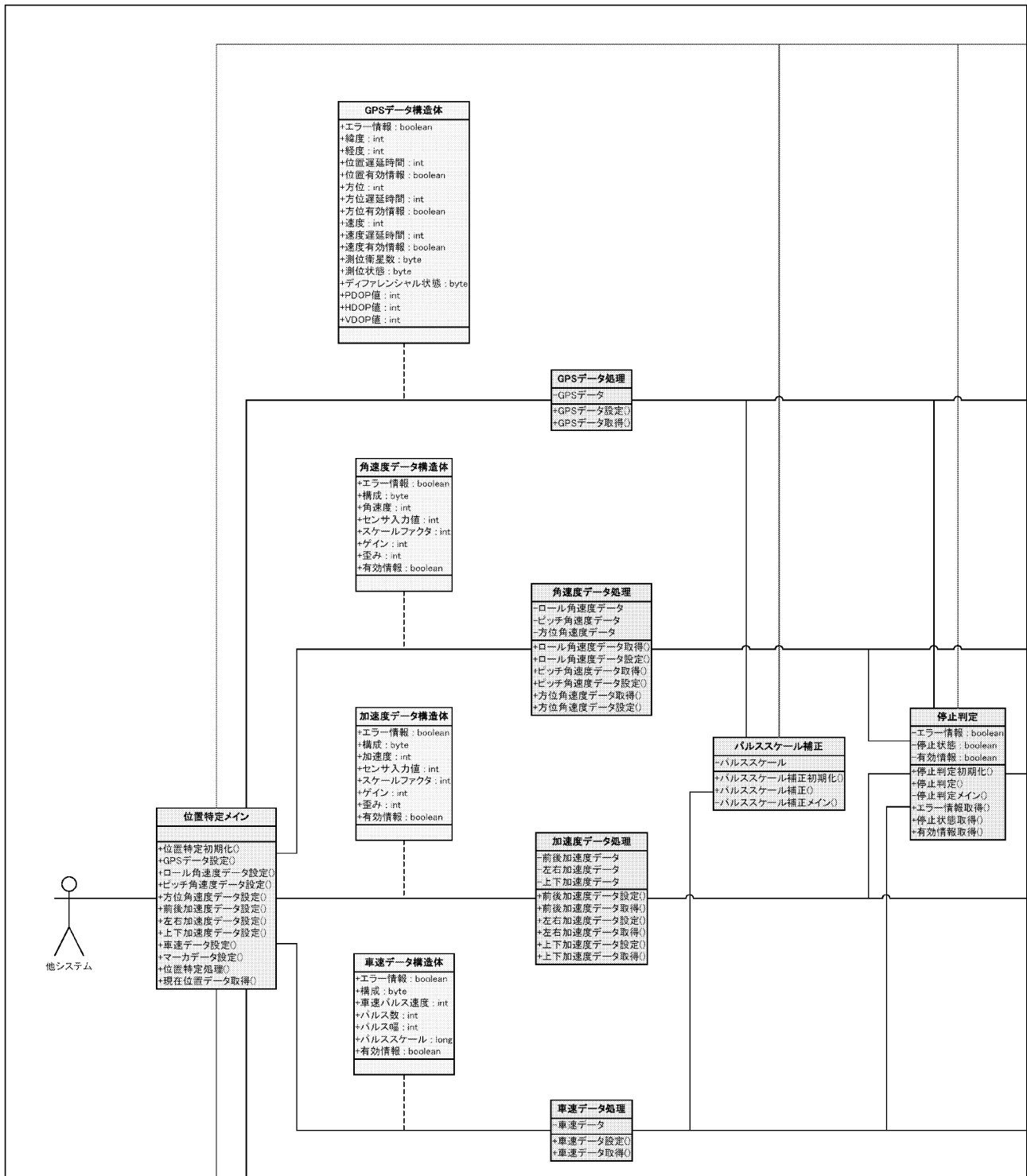


図 3. 位置特定機器系と補正処理系の組み合わせ (一部省略)

3. 位置特定機器の比較

前章で概説したインターフェイスを用いて、位置精度やコストに応じて必要な機器を選び組み合わせる。一般にカーナビ等で用いられる DGPS (FM 多重) をベースに 1 軸や 3 軸のジャイロを付加し精度比較を行うこととし、まず国総研の試験走路直線部で実験を行った。図 4 からわかるように、これらの方法では 10m 程度の誤差が存在し、レーンマーカ (車線ごと 100m に 1 個敷設) やある程度高価な DGPS (中波ビーコン) を用いないと車線判別まではできない。従って次章で述べるようにマップマッチング等いくつかの工夫を行う必要がある。

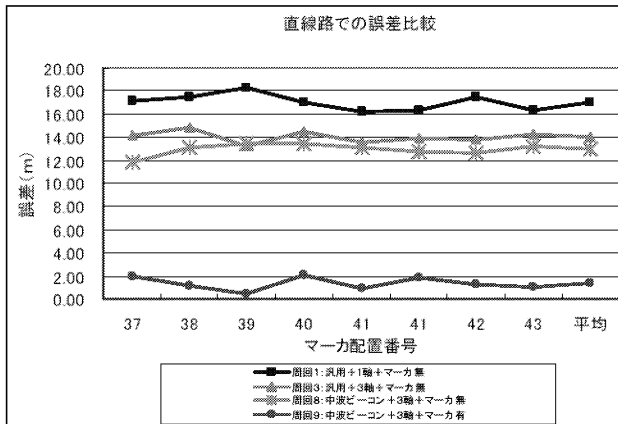


図 4. 各位置特定機器の比較

4. さらなる精度向上の工夫

3 の課題や試験走路ではなく複雑な状況の道路を考えた場合、さらにいくつかの工夫が必要である。ここでは表 1 に見られるように主に 3 つの工夫を行った。

GPS データ同期については処理に多少時間がかかるためそのままと縦方向に 20~30m ずれるので 1~2 秒の補正が必要である。しかし GPS の種類によって補正値は変わってくる。

さらに位置データが車線外に認識されることがあるので高精度な地図データ (GIS データ) を用意し最近隣のポリゴン (車線ごと) にマッチングする。これについては 1/500 レベルの高精度な地図データが前提となっている。

しかしこれでも他車線と誤認することがあるため、車線判別のアルゴリズムを追加した。具体的には図 5 に示したように角速度の閾値が 1.4deg/sec を超えたら車線変更のハンドルの切り始めとし 20sec 以内に逆にハンドルを戻し終えたら車線変更完了とみなすこととした。これらの閾値は長岡での実験をベースに定めた。

表 1. 精度向上策

精度向上策	内容	結果
GPS データ同期	データ処理から表示までに遅延が生じる	固有の遅延時間パラメータを 2.2 秒に設定した
マップマッチング	位置データが車線外に認識されることがある	緯度経度に最近隣のポリゴン (車線ごと) にマッチングする
車線判別	車線変更が認識されないことがある	ジャイロの閾値を 1.4deg/sec に設定し、それを 20sec 以内に超えた場合は車線変更とした

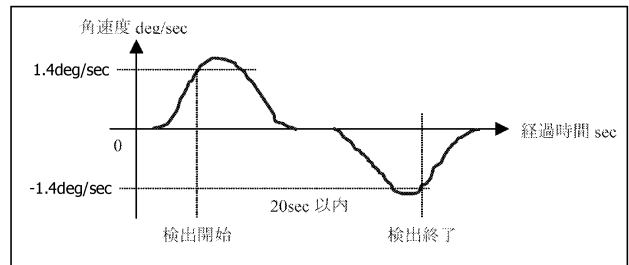


図 5. 車線変更アルゴリズムについての方位角速度の遷移

これらを用いて長岡国道事務所管内 (宮本工区) で走行した結果が図 6 である。これらを用いれば (C) の結果にあるように DGPS (FM 多重) でも車線判別が出来る精度 (横方向誤差 2 m 以内) はおおよそ達成されていることがわかる。しかしごくまれに都市部の交差点や立体交差のように車線が複雑な構造になっている所はマップマッチングにエラーが生じ 3 m 近くの誤差が生じずる場合もある。

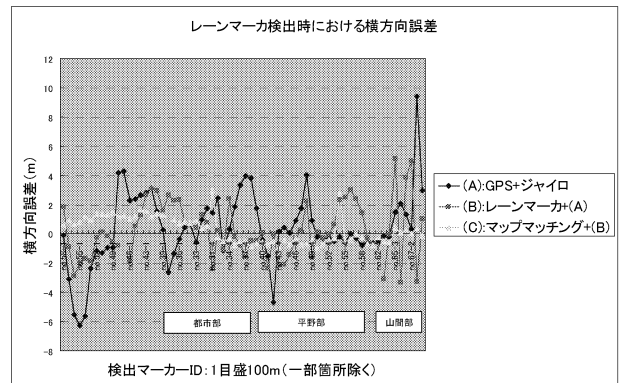


図 6. 精度比較 (長岡国道事務所管内)

5. 薬剤散布業務への適用

本研究ではさらにこれらのハイブリッド位置特定技術を冬季の道路凍結防止のための薬剤散布業務へ適用し、より高度な道路管理に活用するためのフィージビリティを確認するための実験を行った。

図7は業務の一連の流れを示したものであり、表2に使用した機器の一覧を示した。まず道路管理者（長岡国道事務所）が散布計画を作成しネットワークを通じてGISサーバ上（国総研）に登録する。この計画データをUSBメモリに入れ薬剤散布車運転者（業務請負者）に渡す。彼らは車載PCにUSBメモリを挿し、走行を始めるとハイブリッド位置特定で取得された位置で車線を含む現在地を把握し、計画データに従い散布装置を自動制御し散布を行う。もちろん現地の状況に応じて手動での散布も可能である。いずれの場合にせよ散布状況は車載PC上のモニターで確認可能であり、結果は時刻とともにUSBメモリに記録され、作業終了後サーバに登録される。

また、ワンマン化を現実のものとするには長岡で薬剤散布時に同時に行っている「乾燥／湿潤／シャーベット」等の路面状況、気温や天候などを記録する道路パトロール作業についても自動化する必要があったため、気温についてはUSB温度計も接続し記録するとともに、路面状況については音声認識を行い、音声による登録を行った。

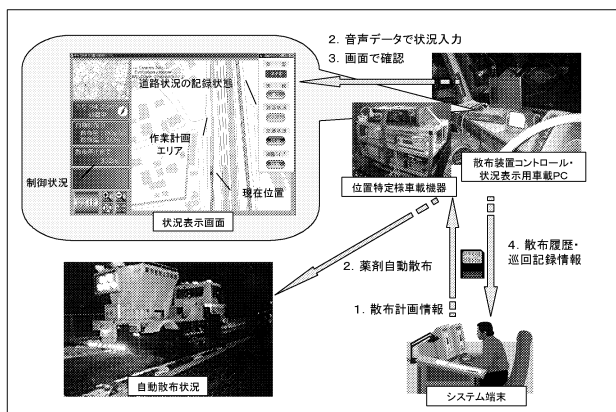


図7. 薬剤散布業務の一連の流れ

表2. 使用機器類

分類	使用機器	備考	
位置特定基盤	レーンマーカ（電波式）	実験用（松下） 長岡国道事務所国道 8号線（宮本工区） 58kp-75kp に設置	
車載機器	位置特定機器	GPS（中精度）	AgGPS124(Trimble)
		GPS（低精度）	M51（テータテック）
		ジャイロ（3軸）	GU-3024（テータテック）
		車速パルス	USBDAQHKS-0200 （計測技研社）
		レーンマーカセンサ	実験用（松下）
	位置特定処置	ノートPC （CPU：2.2GHz, メモリ：512M）	Vaio PCG-V505S （Sony）
	画面表示	GISエンジン	GeoSQL（トーン）
	その他	音声入力	Via Voice Premium V9（IBM）
		USB温度計	おんどとり TR-71U （ティアントデイ）
登録クライアント	デスクトップPC	宮本工区内除雪ステーションに設置	
登録サーバ	サーバPC	国総研内に設置	

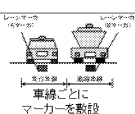
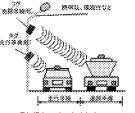
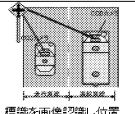
6. 位置特定基盤の比較

長岡ではレーンマーカを用いたものの、路面に敷設する形をとったため、舗装修繕工事のたびに付け替え、交通規制が必要になりメンテナンスに苦勞すると思われる。従って、インフラに負担がかかり過ぎないいくつかの代替手段について検討を行った（表3）。まず一つは最近普及しているRFIDタグである。現時点では物流管理が主流なので路側から車両を検知しようとする場合は数mの距離が必要であり、将来的にはUHF帯などもあるが、現時点では2.45GHzのマイクロ波（アクティブタイプ）を用いた所、検知可能であった。

また、全くインフラに負担をかけないという意味では、標識等の道路構造物をカメラで認識し、該当構造物のDBから位置を取得し、相対的に自車の位置を割り出す方法がある。これについては費用はほとんどかからないもののDBのメンテナンスや検索スピードの向上が必須である。

これら2つの検討の詳細については別途報告することとする。

表 3. 各位置特定基盤の比較
(1 事務所は平均片側 2 車線で 200km 延長とする)

インフラ機器	特定方法	設置レベル	単価	1事務所合計	備考
レーンマーカ (電波式)	 レーンマーカ 受信機 送信機 車線ごとに マーカを敷設	100m 間隔と する	1万円程 度(敷設 費込み)	0.8億円	○読み取り信 頼性高い ×舗装修繕工 事のために付 け替え必要
RFIDタグ (マイクロ波: 2.45GHz アクティブタイ プ)	 RFIDタグ 受信機 送信機 車線ごとに タグを設置	100m 間隔と する	1.5万円 程度	1.2億円	○今後、コスト ダウンの可能 性あり ○メンテナンス ×読み飛ばし の可能性あり
標識等施設 そのもの	 標識 カメラ 車線ごとに 標識を設置	設置標 識を活 用	なし	なし	○インフラ費用 かからず ×検索スピード 向上が必須 ×降雪時等、 認識困難

7. 結論

本研究では様々な位置特定機器と位置特定基盤を組み合わせできるだけコストを抑えつつ高精度に位置を取得するためのハイブリッド位置特定技術について整理し、現地での実証実験を行い、道路管理等の業務に適用できることを確認した。これら実験に基づき H16 年度冬季には長岡国道事務所における薬剤散布業務で用いられる予定である。またさらにいくつかの別の組み合わせについて試行を行い、H16 年度末には「ハイブリッド型高精度位置特定技術仕様 (仮称)」という形でまとめる予定である。現在までの成果については <http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/> の該当項目を参照されたい。

参考文献

- 1) 青木俊, 岩本健嗣, 由良淳一, 徳田英幸: ヘテロジニアスなセンサ環境における位置取得システムの構築, 情報処理学会 モバイルコンピューティングとワイヤレス通信・高度交通システム合同研究会, Vol.115, pp.119-126, 2002.
- 2) 小西勇介: 位置情報取得のための統合プラットフォームに関する基礎的研究, 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 博士論文, 2004.
- 3) 佐藤育夫: 高速道路における雪氷対策について, 高速道路と自動車, Vol.45, No.12, pp.63-67, 2002.
- 4) 都鳥健一, 奥谷正: 位置情報を用いた到着時間予測手法と交通状況解析に関する考察, 第 23 回

- 5) 宮田武雄, 古澤一巳, 古坂晃夫, 塚本康輔: 自動車ナビゲーションのためのマップマッチングの一方式, 電気学会論文誌電子・情報・システム部門誌, Vol.IV, No.2, pp. 83-89, 1991.
- 6) 宮田武雄, 木村良浩, 塚本康輔: 低精度角度センサに対応するマップマッチングの一方法, 茨城大学工学部研究集報, Vol.42, pp. 109-115, 1994.