

オクルージョンを考慮したレーザ点群抽出に基づく 看板計測アプリケーション

石渡 要介† 前原 秀明† 宮原 浩二† 久野 徹也†

我々は、地図・画像と実空間の対応付けに関する研究の一環として、モバイルマッピング技術による測量(車載レーザによる道路周辺測定)を利用した、精密な三次元都市地図の作成に関する研究を行っている。研究応用の一例として、点群と画像による看板位置・大きさの計測を想定した。看板位置・大きさ計測の際、オクルージョンを排除し目的の看板の点群を抽出することが重要となる。

本論文では、点群のグルーピングと各点群の画像上の分布を利用して点群抽出を行う手法を示す。当手法を利用して看板の大きさを算出するソフトウェアを試作し、真値との比較評価を行った。

Sign Measurement using 3D point cloud and camera images - point extraction method to remove occlusion

Yosuke Ishiwatari†, Hideaki Maehara†,
Koji Miyahara†, Tetsuya Kuno†

We research on mapping between real space and digital data such as digital maps or digital images. In order to achieve this mapping precisely, we also research on creating precise 3D urban maps using laser sensor mounted on an automobile. For the application, we are developing on the measurement method of the position and the size of road signs, using the point cloud and the camera images. It is necessary for the precise measurement to remove the points of the occlusion which are in front of the target.

In this paper, we propose new extraction method using the distribution of the points onto the camera image. We implement a prototype software to measure the position and the size of the signs using our method, and evaluate the method using the real size of the signs.

†三菱電機株式会社 情報技術総合研究所, Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corp.

1. はじめに

近年、慣性計測装置(IMU)やカメラ等を車両に搭載し、様々な計測を行うモバイルマッピング技術が多種開発されている[1][2][3][4][5][6]。用途として、道路面調査や道路周辺環境の計測などが主に挙げられる。

我々は、地図・画像と実空間の精密な対応付けを行う研究を行っている。そのための技術開発として、このモバイルマッピング技術を利用し、車両上に搭載したレーザレンジファインダによって得られる点群データを用いた精密な都市三次元地図作成の研究を併せて行っている。本研究の応用例として、道路周辺に存在する看板の位置・大きさを測定することを想定し検討を行った。この応用例では、課題として「点群の中から看板の点群だけを抽出する」が挙げられる。とりわけ、看板前の障害物(オクルージョン)の除去を如何に行うか、どの点群が看板でどの点群がオクルージョンであるかをどう判定するか、が重要である。

この課題に対し、ユーザの指定情報を利用した点群抽出手法を提案する。ユーザが看板を指定していることから、看板の点群がカメラ撮影位置から近いことを利用し、画像上での点群の分布から目的の点群を抽出する。本手法を実装したアプリケーションを試作して看板の幅・高さ算出を行い、実データと比較した。

2. 点群と看板計測アプリケーション

2.1 点群と地物

点群は、車両に搭載したレーザレンジファインダによって得られる測量結果(車両からの相対距離)を3次元座標に変換した、空間絶対座標上の点の集合である。点群は道路周辺環境上の1点を示し、その集合が道路・建物などを示す。そのため、適切に点群を抜き出すことで、道路周辺の特定の地物を構成することが可能となる。図1は道路周辺点群全体から行き先表示板の点群を抜き出した例である。

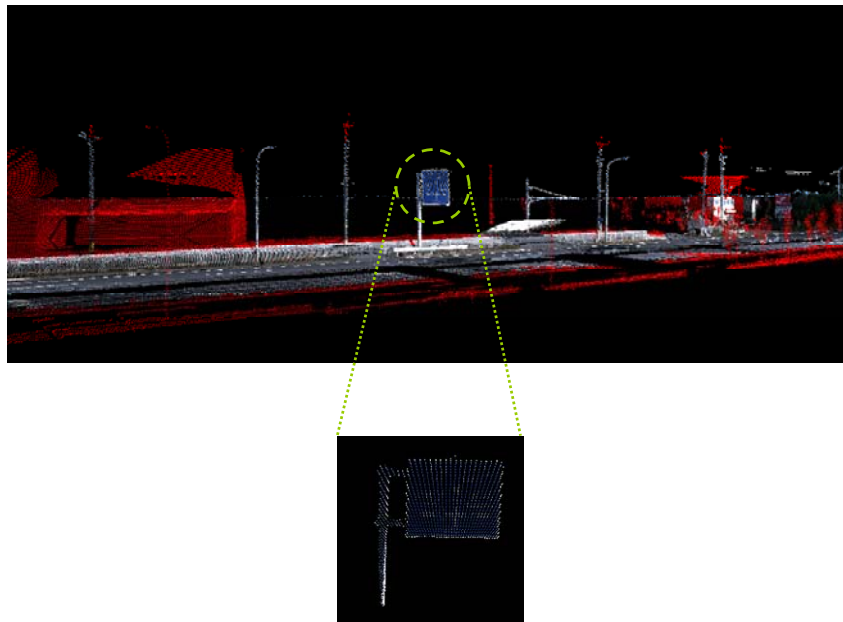


図 1 点群から行き先表示板を抜き出した例

2.2 看板計測アプリケーション

図のように地物の点群を抜き出し、点群の位置情報を利用して地物の存在する場所・大きさ等を求めることができる。我々は、総務省「ユビキタス・プラットフォーム技術の研究開発」の実証実験のひとつとして、点群を利用した「屋外広告物調査」を行った。この実証実験は、広告物規制条例や景観条例等の法令遵守の流れに沿うものであり、これらに対する官公庁業務支援を目的として、我々はカメラ画像と点群を利用して屋外広告物(看板)の位置・大きさ等の測量を簡易に行える看板計測アプリケーションを試作している。これにより、モバイルマッピング技術によってカメラ画像・点群を一回だけ取得することで、必要に応じて看板の位置・大きさを何度も測定することが出来る。図 2 は本アプリの想定利用構成であり、本アプリによって計測された位置・大きさを地図・看板管理台帳(市町村に登録申請がなされた看板の台帳)と組み合わせ、「看板が法令に違反していないか」「看板自体が申請を受けているか」などの確認を適宜行う等の業務を想定している。

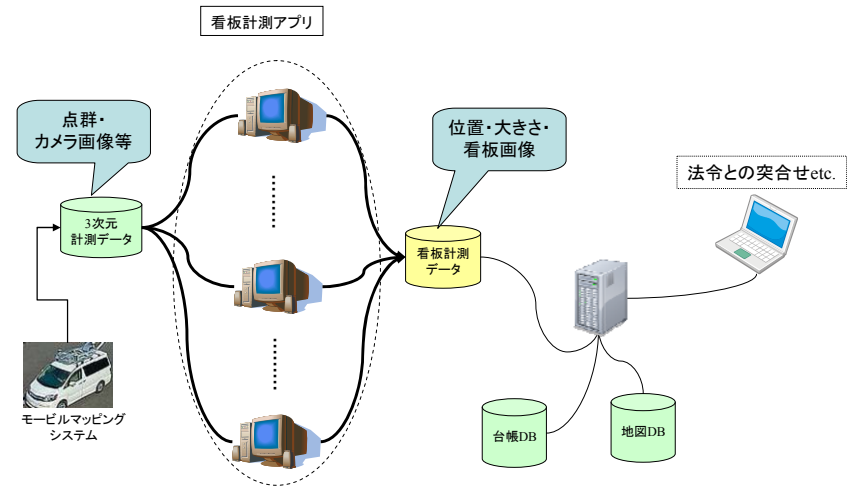


図 2 想定構成

なお本アプリでは、一般的に看板の形状・大きさは多岐にわたるため画像から看板を自動認識させる全自動計測は想定しておらず、アプリユーザに画像上の看板の範囲を指定させ、その看板の位置・大きさを計測する半自動計測を採用している。

2.3 点群の取捨選択とオクルージョン

点群から看板位置・大きさの計測を行うためには、まず看板を示す点群を選び出す必要がある。

カメラ撮影時の位置・向き等の情報によって、点群はカメラ画像上にマッピングすることが出来る(図 3)。これにより、画像上の範囲内に収まる点群を選ぶことが出来、また目的の看板の点群はこの範囲内に収まる。ただし、範囲内の点群すべてが目的の看板の点群とは限らない。図 4 はカメラ画像と画像上の看板範囲(図左上・赤破線)に収まる点群をプロットした結果(図右下)を示しているが、目的の看板の点群の前方に電柱や電線といった「障害物の点群(オクルージョン)」が多量に含まれるため、測定のためにはこれらを取り除く必要がある。

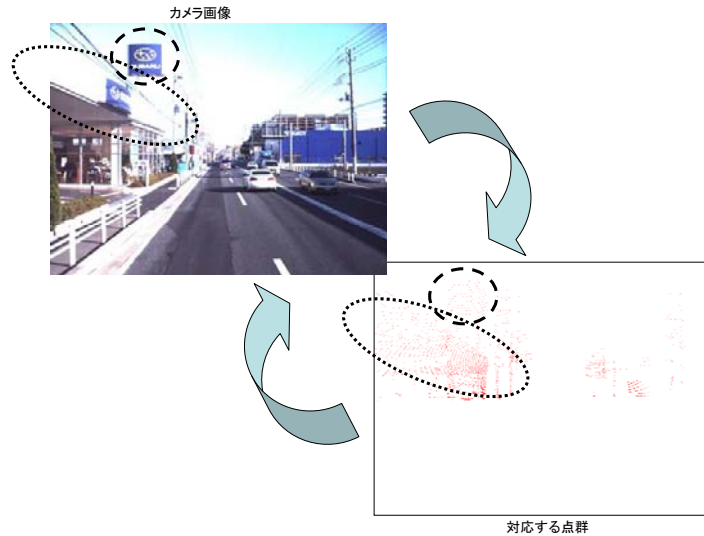


図 3 カメラ画像と点群の関係

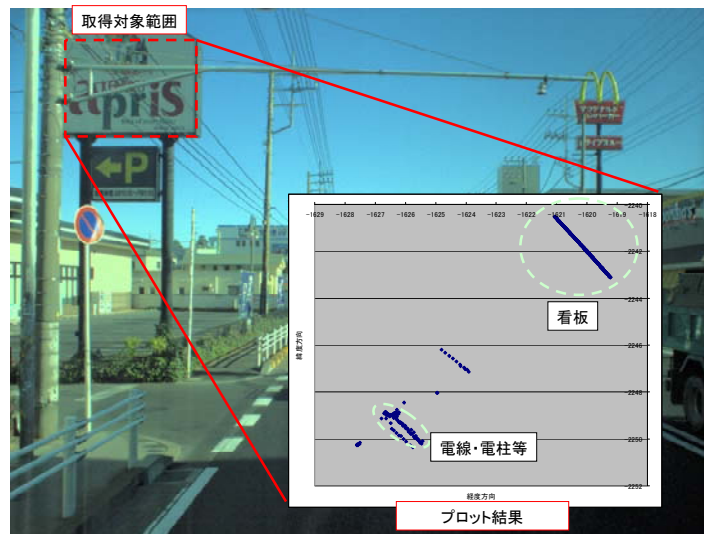


図 4 選ばれた点群と点群の示す地物

3. オクルージョンを考慮した点群抽出手法

3.1 基本方針

前章で述べた通り、本アプリではユーザに画像上の看板の範囲を指定させることを前提としている。このことから「画像上でユーザから看板が認識できる」こと、すなわち「画像撮影位置と看板の間に障害物がないか、あっても看板が認識できる程度に少ない」ことがわかる。ユーザは看板の範囲を指定することから「看板以外の地物で看板より手前にあるものは、指定範囲の一部だけを覆う」ということである。図4では、図赤破線で囲まれた範囲において、看板は電柱・電線の後ろにあるが、ユーザからは看板が認識できる。

上記画像上の特徴を点群に置き換えると、点群を画像上にプロットしたとき「目的の看板の点群は看板の範囲全体を覆う」が「目的の看板以外の地物の点群は範囲の一部しか覆わない」となる。図5は図4で示した点群のうち、看板と前方の電線・電柱の点群をそれぞれ画像上にプロットした場合の分布を示したものであるが、前述の通り看板の点群は指定範囲内(図中赤・黄色破線内)を満遍なく覆う一方で、電柱・電線の点群の覆う範囲は指定範囲の一部に留まることがわかる。

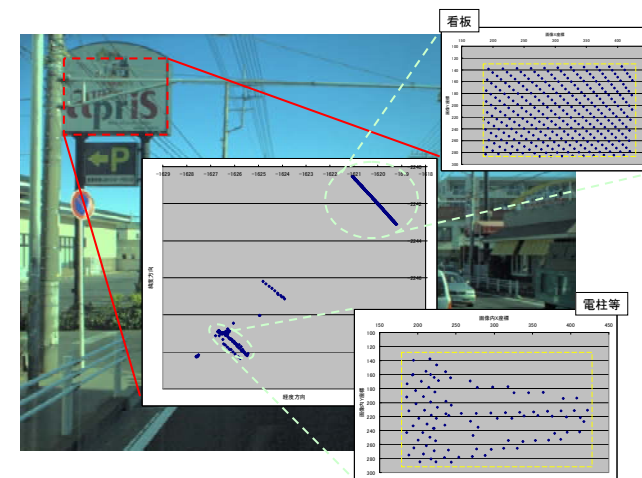


図 5 地物の点群の画像上での配置(1)

一方、点群は「車両を走らせながらレーザによる測量を行う」ことで得られること

から、看板の後ろの物体にも当たりうる。看板の後ろに別の物体(看板や建物の壁など)が存在し、「仮に看板が存在しなかった場合に、画像の看板があった場所にそれらの物体が位置する」場合には、同様に点群が指定範囲を覆う。図6にその例を示すが、本例では計測したい看板の後ろに建物が存在し、それらの点群を画像上にプロットすると、目的の看板同様に指定範囲内(図6 黒色破線内)を覆うことがわかる。

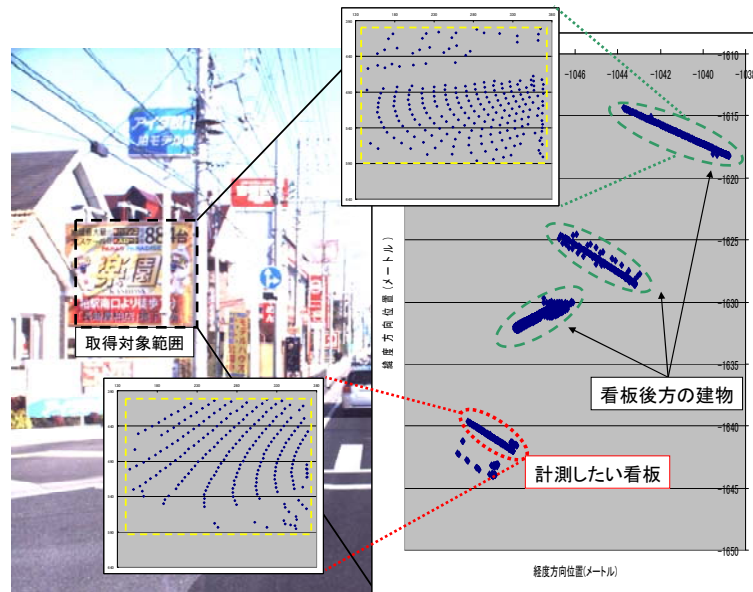


図6 地物の点群の画像上での配置(2)

以上を踏まえ、目的の看板の点群を選び出すためには、「各点群の部分集合を画像上にプロットした上で画像上での分布状況を確認」し、「範囲全体を覆う分布となる部分集合のうち、画像撮影位置からもっとも近いものを選択する」ことで、目的の看板の点群を抽出することが出来ると考えられる。

3.2 点群抽出フロー

前節に記した方針を踏まえ、点群抽出手法を検討した。フローは以下の通り。

1. 入力「目的の看板を含む点群」「画像上の看板範囲」「画像撮影位置」「点群座

- 標変換パラメータ)、出力は「目的の看板の点群」とする。
2. (処理1) 入力された点群を、点群間距離でグルーピングする。各地物の点群は互いに近距離にあることを鑑み、点群間距離でグルーピング処理を行う。
 - i. 入力点群を、画像撮影位置からの距離で昇順ソートする。
 - ii. 最も画像撮影位置から近い点を選択し、そこから一定距離 α 以内にある点を選択する。 α は閾値として別途指定されているものとする。
 - iii. ii.で選択した点群から、一定距離 α 以内にある点を選択する。
 - iv. iii.の処理の結果 ii.内の点群に含まれる点以外の点を選択されている間、iii.の処理を繰り返す。
 - v. ii.~iv.で選ばれた点すべてを1グループとしてグループ化する。
 - vi. 入力点群から v.でグループ化した点群を除去し、すべての点群がグループ化されるまで ii.以降を繰り返す。
 - vii. 同時に、グループ化された順番にナンバリングする。これにより、各グループの画像撮影位置からの距離で昇順された順序付けが同時に行える。
 3. (処理2) グルーピングされた点群を順に画像上にマッピングし、看板範囲にどれだけ収まるかを計算し、判定する。
 - i. (処理1)の vii.でナンバリングされた順に、グルーピングされた点群を画像上にマッピングする。マッピングには入力の「点群座標変換パラメータ」を用いる。
 - ・点群座標変換パラメータには、カメラパラメータ(焦点距離等)のデバイスに固定のパラメータから、撮影時の三次元軸上の向きのように動的変動するパラメータまで含まれる。
 - ii. マッピングした点群の覆う範囲として、点群を覆う多角形の面積を以下の通り計算する。
 - A) 点群の凸包を構成する点を、Jarvis march等のアルゴリズムで算出する。
 - B) 上記点を、グルーピングした点群から除去し、残った点の凸包を構成する点を算出する。
 - C) 算出した点で構成される多角形の面積を算出する。

B)の処理を行わない場合、電線によって中空の部分が形成され、それらを考慮する必要があるが、B)のように一旦算出した凸包(外形)を除去することで、電線の点群のように点群で線のように現れるもの

を除去できる。図 5 下側の電線・電柱の点群から電線の部分を除去することで、C)で計算される外形はほぼ電柱の部分となる。

- iii. 上記算出面積と、看板範囲の面積の比を算出し、その値が一定値 β 以上の場合、そのグループを目的の看板とし、出力して終了する。
 β は別途値として与えられているものとする。
- iv. 比が β 未満の場合は、そのグループの点群は目的の点群ではないとみなし、次のグループの点群について本処理を繰り返す。
- v. すべてのグループについて β 未満の場合は最も手前のグループを看板とみなす。

なお、本フローの入力として与える点群は、あらかじめ画像の指定範囲内に収まるものであることを前提としている。そのため、指定範囲内に収まるかどうかの判定はこの手法内では行わない。

4. 試作アプリケーションと評価

前章で述べた手法を実装した看板計測アプリケーション画面を図 7 に示す。本アプリケーションでは、カメラ画像上の看板の範囲を矩形で指定することで、その看板の点群を抽出し、抽出した点群を利用して大きさ・位置を算出する。

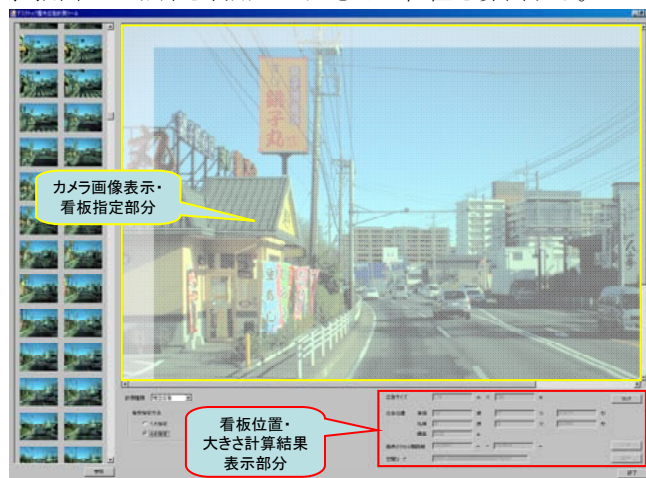


図 7 看板計測アプリケーション

看板の点群を抽出した後、点群を構成する平面を最小二乗法にて計算し、その平面と指定した矩形の座標から看板の三次元座標を求め、その矩形の水平方向・垂直方向をそれぞれ幅・高さとして計算する。また、矩形の重心位置を看板の位置とみなして計算する。

4.1 測定対象と点群取得結果

本アプリケーションを使用して、柏市内国道 6 号線沿いにある以下の 4 つの看板の測定処理を行った。特に①は看板前方にある電柱・電線を除去して選択する必要がある[‡]。前章で述べた手法におけるパラメータは、 $\alpha=0.28(\text{m})$ 、 $\beta=0.7$ としている。



図 8 測定対象看板

図 9 は①の看板の計測を行う際、指定した矩形領域内に収まる点群と、そこから本手法で抽出した点群をそれぞれプロットしたものである。抽出した点群の前方にある電柱を取り除き、板形状の地物が抽出されていることがわかる。

[‡] ②の看板の前にも電線はあるが、使用した点群データ内から当該電線のデータがないため、計測に影響がなかった。

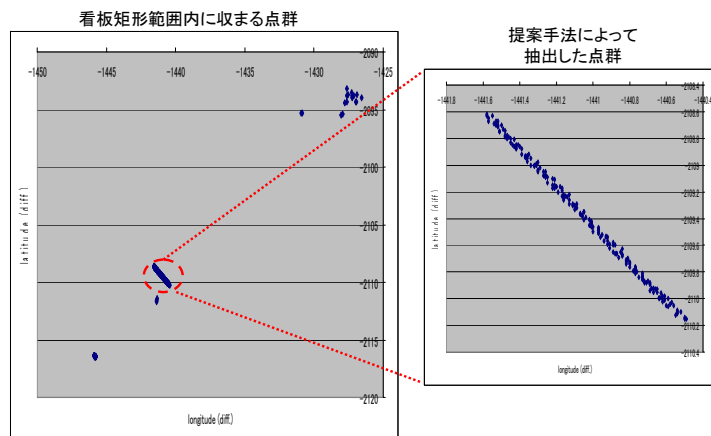


図 9 点群抽出結果

4.2 取得点群による幅・高さ計算

前節で述べた通り、本手法によって抽出した点群から近似平面を算出し、大きさ・位置の計算を行っている。そのため、点群の抽出に問題があれば位置・大きさが正確に計算されない。このことを確認するため、前節の4つの看板の大きさ(幅・高さ)の計算結果を真値と比較した。なお、位置の比較については、位置計算自身が点群の絶対位置精度に依存するためここでは評価しない。

それぞれ、真値(幅、高さ)および測定結果は表1の通り。なお、幅・高さの誤差率は「((幅 or 高さ)真値 - (幅 or 高さ)測定値の絶対値) / ((幅 or 高さ)真値)」で求めている。

表 1 測定結果・誤差

No.	真値(幅, 高さ)	測定結果(幅, 高さ)	幅誤差率	高さ誤差率
(1)	3.5m, 3.8m	3.54m, 3.87m	0.011	0.018
(2)	1.8m, 3.6m	1.74m, 3.56m	0.033	0.011
(3)	4.0m, 3.27m	3.91m, 3.28m	0.023	0.003
(4)	5.0m, 4.0m	5.21m, 4.09m	0.042	0.023

どの測量も5%以内の誤差で測定できていることが分かり、このことから抽出した

点群は各看板(の一部)であると考えられる。

なお、本アプリケーションではユーザの指定ズレによる測定誤差が含まれる可能性がある。上記測量では約1.5cm~2cm/ピクセル程度の誤差が生じ得、看板サイズとその画像上サイズによっては測量誤差に近い値になりうる。このため、ユーザの指定範囲が実際の看板の範囲からずれないように指定手法を検討する必要がある。

5. 終わりに

本論文では、カメラ画像と点群を利用した、看板の位置・大きさ測定のための点群抽出手法について示した。本手法は点群利用で問題となるオクルージョンの除去を目的とし、目的の看板が画像上から視認出来る事を利用した、点群の画像上プロット時のカバー範囲による判定を行うものである。アプリケーションを試作し評価を行ない、目的の看板の点群を取得し5%以下の誤差による大きさ推定を行うことが出来た。本手法を看板アプリケーションへ適用する際、ユーザの指定ズレといった人的要因が含まれてくるため、抽出手法の高精度化とアプリケーションとしての誤差軽減手法をそれぞれ検討する必要があると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、総務省「ユビキタス・プラットフォーム技術の研究開発」の一環として実施されたものである。総務省および研究参加機関関係者のご支援に感謝致します。

参考文献

- [1] 三菱電機, 「三菱モービルマッピングシステム 高精度 GPS 移動計測装置」, <http://www.mitsubishielectric.co.jp/pas/service/mms.pdf>
- [2] 吉田他, 「モービルマッピングシステム」, 三菱電機技報 Vol. 81, No. 8, Aug. 2007, p15.
- [3] 山口他, 「多眼ステレオ 3D 計測システム」, 写真測量とリモートセンシング, Vol.47, No.5, 2008, pp18-21
- [4] 柴崎他, 「マルチセンサ 3 次元計測システム」, 写真測量とリモートセンシング, Vol.47, No.5, 2008, pp22-25
- [5] 石川他, 「モービルマッピングシステムと三次元空間情報管理システム(G-VIZ™)

を用いた実都市空間モデリング&ウォークスルーシステム」, 第13回ロボティクスシンポジウム, March, 2008

[6] K. Ishikawa, et al, 「A study of precise road feature localization using mobile mapping system」, 2007 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp1-6, 2007