

# 画像特徴量にもとづくカメラ姿勢推定による 移動式2自由度マニピュレータの位置決め制御

栗田寛樹<sup>†1</sup> 飯田訓久<sup>†1</sup> 趙元在<sup>†1</sup> 村主勝彦<sup>†1</sup>

本報告では、ビジョンを用いた自脱コンバインロボットのための穀粒自動排出システムについて報告する。収穫作業を無人で行うためには、刈取作業に加えて収穫した穀物の排出作業も自動化する必要がある。排出作業において、穀物は排出オーガを通じて農道上の運搬車に積載したコンテナに排出される。本研究では排出オーガを2自由度マニピュレータとしてモデル化した。運搬車の検出及びカメラの姿勢推定をSURFに基づく画像処理によって行った。検出した運搬車上の適切な目標点に、排出オーガの穀粒排出口を位置決めするためのアルゴリズムを提案した。屋外環境下で実験を行い、位置決め精度を評価した。実験結果は、コンバインロボットが実用上許容し得る精度で排出口の位置決めを行ったことを示している。

## Positioning Control of a Mobile 2-DOF Manipulator based on Camera Pose Estimation using Image Features

HIROKI KURITA<sup>†1</sup> MICHIHISA IIDA<sup>†1</sup>  
WONJAE CHO<sup>†1</sup> MASAHIKO SUGURI<sup>†1</sup>

This manuscript reports on a vision-based autonomous grain unloading system for a head-feeding combine robot. In order to perform harvesting fully autonomously, the combine robot is also required to autonomously unload the harvested grain into a wagon through the unloading auger, which is a screw auger and modelled as a 2-DOF manipulator. We presented a vision-based method for the autonomous unloading. A machine vision system was developed that consists of a camera on the combine robot and a planar target on the wagon. Based on SURF, the robot locates the wagon and positions its auger spout at an appropriate point over the wagon. We conducted field experiments to evaluate the presented method. Experimental results showed that the combine robot was able to position its auger spout at the predetermined target point with tolerable accuracy.

### 1. 諸言

従来の日本における農業機械の研究開発は、農作業の軽労化を主たる目的として進められてきた。その結果、水田作や畑作などの土地利用型作物を中心に効率的な機械化体系が構築され、これらの作物においてはほぼ機械化が確立されている。一方で農業就業人口の減少・高齢化は着実に進行しており、将来における農業労働力の不足が大きな問題になると予想されている。また、近年包括的経済連携に関する議論が活発化しているが、これらの経済連携が実現した場合に国産農産物が置かれる状況について、農林水産省の試算では、特にコメに関して極めて厳しい見通しが示されている。これらの事柄を鑑みると、日本の農業が置かれる状況はますます厳しいものとなっていくと考えられる。

このような状況下に対して、今後日本の農業の持続的発展のためには、作業員1人当たりの作業効率を高め、より高効率・省力化された農業を志向するべきである。これを実現する手段として、農業機械の自動化に関する研究の重要性が近年ますます高まっている。とりわけ、コメ・ムギ・ダイズなどの土地利用型作物では、農業機械の自動化による農作業の効率化・省力化の効果が大きく期待される。実際に、農業機械自動化の試みとして、トラクタ[1][2]、田

植え機[3][4]、自脱コンバイン[5][6]などが報告されている。

このような背景のもと、現在我々は自脱コンバインロボットの開発を行っている[6][7]。一般に、中型以上の自脱コンバインには収穫物を収納するグレタンクが備わっている。これが満量になると作業員は刈取を中断して農道付近まで戻り、農道上に停車した運搬車に収穫物を排出する必要がある。これは穀粒排出作業と呼ばれるが、これまで報告されている無人コンバインでは、穀粒排出作業を自動で行うものは存在しない。収穫後の排出作業に関する自動化の研究は、牧草収穫機で過去に行われているが[8]、これは排出作業を補助し、操縦者を刈取に専念できるようアシストするシステムであり、またある程度の排出損失を許容するシステムであった。我々が想定するものは、排出作業を完全に無人で行うロボットである。また我が国における収穫作業において排出による損失は許されないため、より高精度な自動排出作業が要求される。文献[9]において、画像処理手法によりグレンコンテナを検出し、排出オーガを目標点に自動で位置決めする手法が提案されている。しかしながら、先行研究ではコンテナ上の鉛直方向の位置決め精度は無視していた。また、実際の圃場におけるロボットの作業との連続性が確保しにくいという問題点があった。そこで本研究では、上記のような問題点を解決する方法を提案し、提案手法を用いた屋外実験の結果について評価する。

<sup>†1</sup> 京都大学  
Kyoto University

## 2. 実験装置及び方法

### 2.1 自脱コンバインロボット

自脱コンバインロボットを図1に示す。



図1 自脱コンバインロボット  
 Figure 1 Head-feeding combine robot.

供試車両は4条刈自脱コンバイン(VY446LM, 三菱農機)である。航法センサとして、Multi-GNSS (Global Navigation Satellite System) (AGI-3, Topcon)及びGPSコンパス(ssV-102, Hemisphere), マシンビジョンのためのUSBカメラ(UCAM-DLA200H, ELECOM)を取り付けた。図2に制御ネットワークの概要を示す。

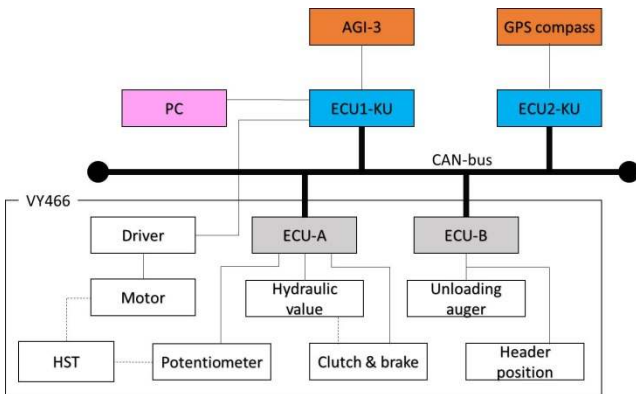


図2 制御ネットワークの概要  
 Figure 2 Diagram of control network.

供試車両は2つのElectric control unit (ECU-A及びECU-B)を有する。これらは車体の制御(走行・操向・刈取・脱穀・選別・排出等)のために用いられている。加えて、研究チームによって新たに2つのECUが試作・設置された(ECU-KU1及びECU-KU2)。GNSSによって得られた位置情報と、GPSコンパスによる方位情報は各々ECU-KU1, ECU-KU2に送られる。ECU-KU1は、ECU-A及びECU-Bから車体の情報を受け取り、ECU-KU2からは方位情報を取得する。ECU間にはCAN-busを経由して通信する。制御

用PCとしてノートPCを使用する。制御PCはECU-KU1からシリアルポートを通じてコンバインの車体データ、航法データを取得し、USB接続されたカメラから画像データを取得する。これらの情報に基づき算出した制御量は、シリアルポートから10Hzの周期でECU-KU1へ送られ、車体の制御が行われる。また、安全対策として、緊急停止用のリモコンスイッチを使用する。スイッチが押下されると、ECU-KU1はコンバインを停止状態とする。

### 2.2 マニピュレータモデル

供試コンバインの排出オーガは、図3に示すように、2自由度マニピュレータとしてモデル化された。図中にしめすような直交座標系 $\Sigma_0$ を取る。 $\Sigma_0$ の原点はJoint 1の旋回中心とJoint 2の旋回軸の交点とする。関節1は $-110^\circ < \theta_1 < 170^\circ$ , 関節2は $0^\circ < \theta_2 < 45^\circ$ の範囲で旋回可能である。車両部分と合わせると、全体を移動マニピュレータとみなすことができる。

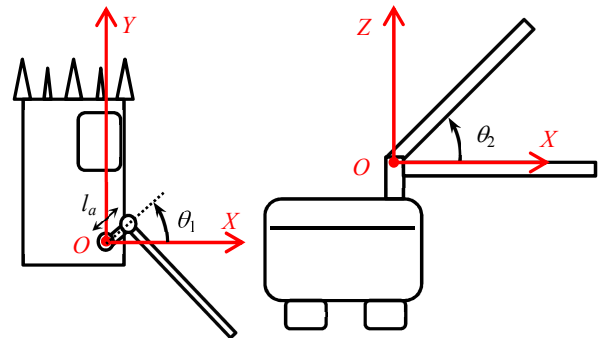


図3 2自由度マニピュレータモデル  
 Figure 3 2-DoF manipulator model.

### 2.3 カメラの姿勢推定

本節では単眼カメラを用いた運搬車に対するカメラの姿勢推定について述べる。コンバインロボットのビジョンシステムにおいて、カメラモデルとしてピンホールモデルを採用した。従って、モデル平面上の点 $M$ と、その入力画像上の対応点 $m$ が得られたとすると、両者の間には(1)式が成り立つ。ただし、 $m$ 及び $M$ は同次形で表現され、 $m = [u, v, 1]^t$ 及び $M = [U, V, W, 1]^t$ である。

$$sm = K [R | t] M. \quad (1)$$

ここで $s$ はスケーリングである。 $3 \times 3$ 行列 $K$ はカメラの内部パラメータを表す。 $R$ は回転成分を表す $3 \times 3$ 行列であり、 $t$ は並進ベクトルである。ゆえに $[R|t]$ はカメラの外部パラメータ、すなわち姿勢を表す。 $K$ はオフラインで事前に計測できるため、既知であるとみなせる。

今、一般性を失うことなく、モデル平面が $W=0$ 上に存在するようなモデル座標系 $O-UVW$ を取ることができる。すると(1)式から、

$$s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = K[r_1 \ r_2 \ r_3 \ t] \begin{bmatrix} U \\ V \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = K[r_1 \ r_2 \ t] \begin{bmatrix} U \\ V \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

を得る。ここで、 $r_i$  ( $i = 1, 2, 3$ )を  $R$  の列ベクトルとした。一方、3次元平面上の点とその2次元画像平面上での対応点は、ホモグラフィ  $H$  によって次のように書ける。

$$sm = HM. \quad (3)$$

ただし、ここでは  $M = [U, V, 1]^T$  として用いており、従って  $H$  は  $3 \times 3$  である。(2)式と(3)式から、 $\lambda$  をスケーリングとして(4)式を得る。

$$\lambda H = K[r_1 \ r_2 \ t]. \quad (4)$$

モデル平面上の点とその画像上の対応点の組を  $p_i = (m_i, M_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )とする。(3)式より、1つの  $p_i$  に対して同値でない拘束条件は2つ定まる。したがって  $H$  は十分な数の対応点( $n \geq 4$ )を得れば求めることができる。

対応点を取得するため、特徴点の抽出及び特徴量の記述に SURF[10]を用いた。モデル平面に相当する参照画像(図4)を用いて、特徴の抽出・記述を行う。この作業はオフラインで行われる。同様に、カメラからの入力画像に対して特徴の抽出・記述が行われ、対応する  $p_i$  を得る。これはオンラインで行われる。本研究では SURF の抽出・記述に OpenSURF[11]を用いた。実際に得られる  $p_i$  は誤対応を含んでいる。これらは不安定な姿勢推定の要因であるため、ロバスト推定器 RANSAC[12]によって取り除いた。



図4 参照画像

Figure 4 Reference image.

このようにして得られた  $H$  を  $[h_1 \ h_2 \ h_3]$  と書くと、式(4)より、

$$\lambda[h_1 \ h_2 \ h_3] = K[r_1 \ r_2 \ t]. \quad (5)$$

を得る。 $K$  は文献[13]の手法を用いて事前に取得した。したがって  $H$  が得られているならば、

$$[r_1 \ r_2 \ t] = \lambda K^{-1}[h_1 \ h_2 \ h_3], \quad (6)$$

$$\lambda = 1/\|K^{-1}h_1\| = 1/\|K^{-1}h_2\|$$

として、姿勢  $[R|t] = [r_1 \ r_2 \ r_3 \ t]$  ( $r_3 = r_1 \times r_2$ ) が得られる。

## 2.4 制御則

図5に提案する自動位置決め手法の概略を示す。運搬車は農道上に停車しているとす。コンバインロボットは農道に平行に設定された目標経路上を走行する。経路追従制御に関しては文献[14]に詳しい。

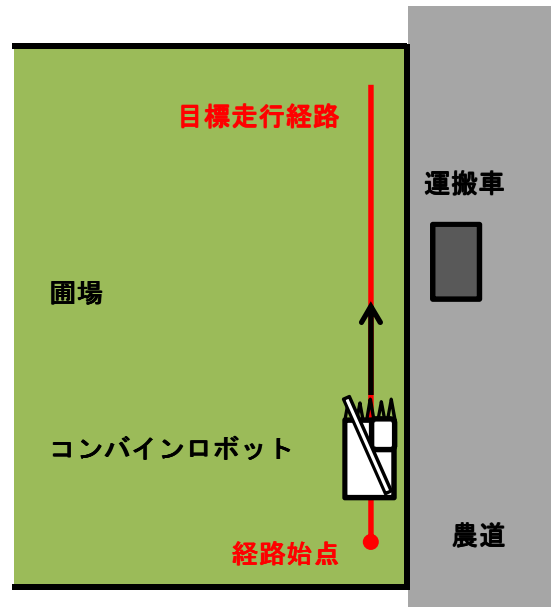


図5 自動位置決め手法の概略

Figure 5 Concept of the autonomous positioning system.

コンバインロボットは目標経路上を走行しつつ運搬車を探索する。運搬車の検出に関して、本研究では対応点の組が6以上検出された場合を運搬車の検出とした ( $n \geq 6$ )。

排出オーガ上に図6に示すような座標系を設定する。以降では、3本の軸  $X_n, Y_n, Z_n$  によって生成される右手系の直交座標系を  $\Sigma_n$  と呼び、 $\Sigma_n$  から  $\Sigma_m$  への同次変換行列を  ${}^mT_n$  と書く。するとここに、 $l_a$  は軸  $Y_1$  に沿った  $\Sigma_1$  原点と  $\Sigma_2$  原点間のオフセットであり、 $l_b$  は  $\Sigma_2$  原点と穀粒排出口間の距離である。

${}^0T_1, {}^1T_2$  は、関節角  $\theta_1, \theta_2$  及びリンク構造の各パラメータから順運動学によって定まる。また、 $\Sigma_2$  上の排出口の位置  ${}^2r_{Spout} = [l_b, 0, 0, 1]^T$  であることを考慮すると、 $\Sigma_0$  上の排出口の位置  ${}^0r_{Spout}$  は(7)式のように書ける。

$${}^0\mathbf{r}_{Spout} = {}^0\mathbf{T}_1 {}^2\mathbf{T}_1 {}^2\mathbf{r}_{Spout} \quad (7)$$

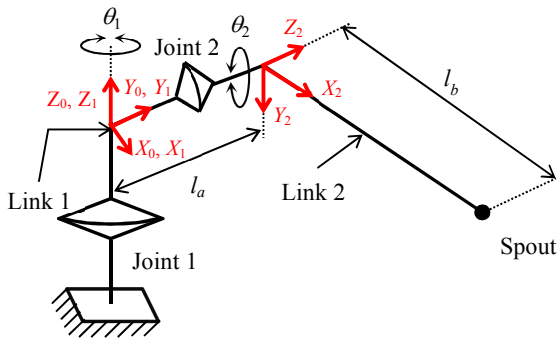


図6 排出オーガのリンク構造と各座標系  
 Figure 6 Link structure of the unloading auger and the coordinate systems.

次に運搬車とコンバインの関係を考える。両者の相対的な位置関係を図7に示す。

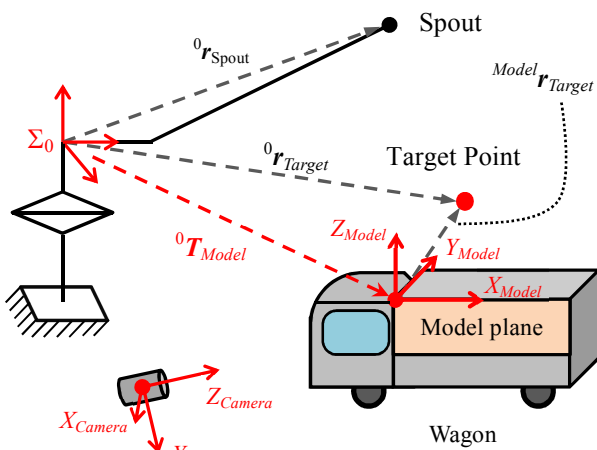


図7 コンバイン及び運搬車  
 Figure 7 Combine robot and wagon.

モデル平面座標系  $\Sigma_{Model}$  から、コンバイン上に設定された座標系  $\Sigma_0$  への同次変換  ${}^0\mathbf{T}_{Model}$  は次式によって計算される。

$${}^0\mathbf{T}_{Model} = {}^0\mathbf{T}_{Camera} {}^{Camera}\mathbf{T}_{Model} \quad (8)$$

ここで  ${}^0\mathbf{T}_{Camera}$  はオフラインの計測によって取得する。  
 ${}^{Camera}\mathbf{T}_{Model}$  は 2.3 で求めた姿勢からオンラインで取得する。

$${}^{Camera}\mathbf{T}_{Model} = [\mathbf{R} | \mathbf{t}]^{-1} \quad (9)$$

従って、 $\Sigma_{Model}$  上で定めた排出口の目標座標  ${}^{Model}\mathbf{r}_{Target}$  は  $\Sigma_0$

上において

$${}^0\mathbf{r}_{Target} = {}^0\mathbf{T}_{Model} {}^{Model}\mathbf{r}_{Target} \quad (10)$$

となる。これと(7)式で求めた排出口が等しくなるように関節角  $\theta_1, \theta_2$  を定めればよい。

$${}^0\mathbf{r}_{Spout} = {}^0\mathbf{r}_{Target} \quad (11)$$

排出オーガ自身は自由度2であるため、一般的に  $x, y, z$  各座標に関して(11)式を同時に満足する関節角は得られない。しかしながら、図5に示したようなコンバインロボット目標経路上には、(11)式を3次元的に満たす位置が存在する。そこで、まず(11)式を  $x, y$  座標に関して解く。その結果得られる関節角を用いて位置決めを行った際に、生ずるであろう目標点との  $z$  方向の誤差は以下ようになる。

$$Z_{Error} = l_b \sin \theta_2 - z_T \quad (12)$$

ただし、 ${}^0\mathbf{r}_{Target}$  の  $z$  座標を  $z_T$  とおいた。

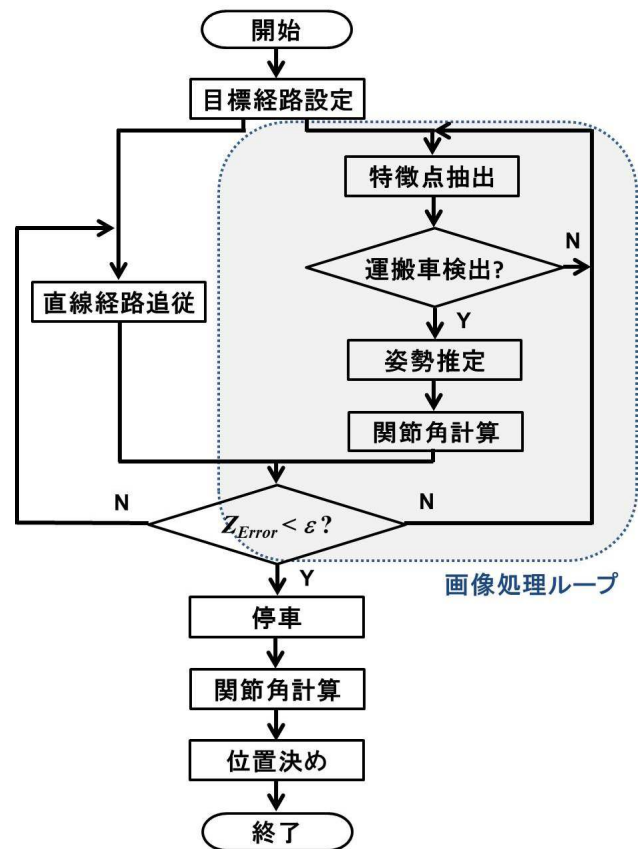


図8 自動位置決めの流れ図  
 Figure 8 Flow of the autonomous positioning.

図 8 に全体の流れ図を示す。コンバインロボットは目標経路上を走行しつつ運搬車を検出する。検出された場合、(12)式に従って  $Z_{Error}$  を推定し、これが十分小さくなった地点でロボットを停車させる。その後(11)式から得られた関節角に位置決めを実行する。

### 2.5 実験方法

開発したアルゴリズムをコンバインの制御プログラムに実装し、大学構内の実験場において提案手法による位置決め実験を行った。天候は晴れであった。実験手順は以下の通りである。

- (1) コンバインの目標経路沿いに運搬車を停車させておく。運搬車上のコンテナの側面（コンバイン側）に、図 4 に示したものと同一画像を固定する。
- (2) 固定した画像上に直交座標系の基準点を 3 点設定し、トータルステーション (SET4100s, Sokkia) を用いて 3 点の座標を測量する。
- (3) コンバインを目標経路始点 (図 5 参照) 付近の任意の点に停車させる。
- (4) 制御プログラムを実行し、運搬車の検出・排出口の位置決めを行わせる。
- (5) 位置決めが完了した際の排出口の基準位置をトータルステーションによって測量する。

(3) - (5) を 16 回繰り返して排出口の座標を計測した。

### 3. 結果及び考察

図 9, 10 は、位置決め後に計測した排出口座標を目標点に対してプロットしたものである。座標系は図 7 に示した  $\Sigma_{Model}$  系に準ずる。すなわち、 $X_{Model}$ - $Y_{Model}$  平面は運搬車上のコンテナに対して水平な断面であり、 $X_{Model}$ - $Z_{Model}$  平面はコンテナの前後方向に沿った鉛直断面を表す。ただし、各図において位置決め目標点を原点として表示した。図 9, 10 に各々水平断面、鉛直断面を示した。図中の点線は、目標点から  $\pm 0.2$  m の範囲を表しており、これは文献[9]に基づく自動位置決め許容範囲である。この範囲内に位置決めできれば、コンテナ枠まで十分な余裕を確保でき、穀粒をこぼすことなく排出することができる。図 9 中にはコンテナ枠も表示した。

図 9 に示すように、許容範囲外に位置決めされた結果が 7 回あった。ただ、範囲外となったのは  $X_{Model}$  方向のみであり、 $Y_{Model}$  方向に関しては全ての結果で許容範囲内となった。また、範囲外に位置決めされた点は概ね許容範囲境界付近に存在しており、実際の排出作業では問題にならないと考えられる。

$X_{Model}$  方向に誤差を生じたことは図 10 から明らかである。穀粒排出の際、穀粒は排出口からほぼ鉛直下向きに流

出するため、 $Z_{Model}$  方向へは  $X_{Model}$  方向や  $Y_{Model}$  方向と比較して大きな位置決め誤差が許容される。そのため  $Z_{Model}$  方向には許容範囲を示していないが、図 10 が示すように  $Z_{Model}$  方向に関しては全ての結果で  $\pm 0.2$  m の範囲内に位置決めされた。

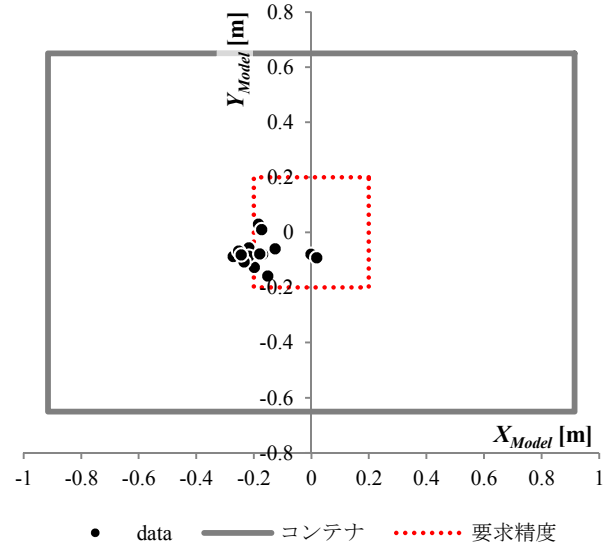


図 9 目標点に対する排出口座標 (水平断面)  
 Figure 9 Spout position with respect to the target point (horizontal cross-section).

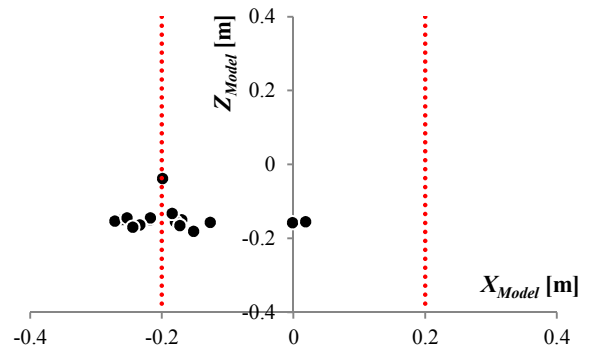


図 10 目標点に対する排出口座標 (鉛直断面)  
 Figure 10 Spout position with respect to the target point (vertical cross-section).

表 1 は 16 点の位置決め精度を、目標点からの誤差に関する平均値・最大値・RMSE (Root Mean Square Error)・標準偏差についてまとめたものである。ただし、ここで最大値は誤差の絶対値が最大となったものを示している。RMSE は各方向について  $\pm 0.2$  m の精度で位置決めが可能であることを示している。誤差の最大値は、 $Y_{Model}$ ,  $Z_{Model}$  各方向で  $-0.15$  m,  $-0.18$  m であるのに対し、 $X_{Model}$  方向では  $-0.27$  m となり許容誤差を超える場合が存在した。

表 1 位置決め精度  
 Table 1 Positioning accuracy.

	$X_{Model}$ 方向 [m]	$Y_{Model}$ 方向 [m]	$Z_{Model}$ 方向 [m]
mean	-0.18	-0.07	-0.15
max	-0.27	-0.15	-0.18
RMSE	0.19	0.08	0.15
SD	0.08	0.05	0.03

図 9 から明らかなように、 $X_{Model}$  方向に関して排出口は運搬車のフロント方向に偏って位置決めされた。そのため  $X_{Model}$  方向の誤差平均値は -0.18 m となっている。画像処理によって位置決めのための条件が満たされるとコンバインロボットはその地点で停車するが (図 8 参照)、停車のコマンドが送られてから実際に停車するまでは遅れが存在する。全ての実験において、コンバインロボットは運搬車のフロント方向 ( $X_{Model}$  軸の負方向) に前進しつつ位置決めを行った。このために、特に  $X_{Model}$  方向に関しては比較的大きな誤差を一様に生じたのではないかと考えられる。

同様の偏りは  $Z_{Model}$  方向に関する観察された。これには原因が 2 つ考えられる。1 つは、上述した停車までの遅延に関わるものである。提案したアルゴリズムでは、停車した段階でロボットが最適な地点から行き過ぎている場合、鉛直方向の精度を多少犠牲にしても排出オーガの上下旋回角  $\theta_2$  を小さく取り、水平断面方向の精度を確保しようとする。このため、 $Z_{Model}$  軸の負方向に一様に誤差を生じたのではないかと考えられる。2 つ目は排出オーガの慣性である。コンバインロボットの排出オーガは油圧シリンダで駆動されており、構造上、目標点へは  $\theta_2$  を減少させる、すなわち排出オーガを上から降ろしていく動作で位置決めを行う。このため、下降動作の慣性によって目標点への位置決め誤差を生じる可能性がある。

実験の結果、位置決め誤差の主要因と考えられるのは、位置決めを行うために適当な車体の停車位置と実際の停車位置が異なる点である。従って、実際の停車位置及び鉛直方向の誤差を予測して制御することが今後必要であると考えられる。

#### 4. 結言

本研究では、マシンビジョンを用いたコンバインロボットの排出作業自動化のための位置決め手法を提案した。提案手法では、画像特徴量に基づくカメラ姿勢推定を行い、コンバインロボット及びコンバイン上の排出オーガを、2 自由度車載マニピュレータとしてモデル化した。推定した姿勢を用いて、穀粒排出口を目標点に位置決めするための

関節角を逆運動学により求めた。得られた関節角によって生じる鉛直方向の誤差を考慮し、車体の停車地点を決定した。提案した手法をコンバインロボットに実装し、位置決め精度を計測した。その結果、コンバインの移動方向に大きな誤差を生じたものの、実用上許容しうる精度で穀粒排出口の位置決めを行うことができた。

#### 参考文献

- 1) Ishida, M., Imou, K., Okado, A., Takenaga, H., Honda, Y., Itokawa, N. and Shibuya, Y. Autonomous Tractor for Forage Production. Journal of JSAM. 60(2): pp.59-66 (1998).
- 2) Takai, R., Barawid, O. Jr., Ishii, K. and Noguchi, N. Development of Crawler-Type Robot Tractor based on GPS and IMU, Preprint of the IFAC International Conference on AGRICONTROL 2010 (CD-R), A3-5 (2010).
- 3) Nagasaka, Y., Umeda, N., Kanetani, Y., Taniwaki, K. and Sasaki, Y. Automated rice Transplanter using Global Positioning and Gyroscopes. Computers and Electronics in Agriculture, 43(3), pp.223-234 (2004).
- 4) Nagasaka, Y., Saito, H., Tamaki, K., Seki, M., Kobayashi, K., & Taniwaki, K. An Autonomous Rice Transplanter Guided by Global Positioning System and Inertial Measurement Unit. Journal of Field Robotics, 26(6-7), pp.537-548 (2009).
- 5) Iida, M. and Yamada, Y. Rice Harvesting Operation using an Autonomous Combine with a GPS and a FOG. Proceedings of the Conference of Automation Technology for Offroad Equipment 2006, ASAE, pp.125-131 (2006).
- 6) Iida, M., Uchida, R., Zhu, H., Kurita, H., Suguri, M. and Masuda, R. Development of Robotic Head-Feeding Combine. Proceedings CD of the CIGR International Symposium on "Sustainable Bioproduction - Water, Energy, and Food" (CIGR2011), Tokyo, 20HOS3006 (2011).
- 7) Iida, M., Uchida, R., Zhu, H., Ohdoi, K., Suguri, M., Kurita, H., Masuda, R. and Inamura, T. Development of Head-Feeding Combine Robot. Proceedings of the 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB). June pp.18-20, 2012, Jeonju, Korea (2012).
- 8) Madsen, T. E., Kirk, K. and Blas, M. R. 3d Camera for Forager Automation. Proceedings of the 67th Conference: LAND. TECHNIK - Agricultural Engineering 2009, pp.147-152, November, 2009, Hannover (2009).
- 9) Kurita, H., Iida, M., Suguri, M. and Masuda, R: Application of Image Processing Technology for Unloading Automation of Robotic Head-Feeding Combine Harvester. Engineering in Agriculture, Environment and Food, vol. 5, no. 4, pp.146-151 (2012).
- 10) Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T. and Gool, L. V: SURF: Speeded-Up Robust Features. Computer Vision and Image Understanding, vol. 110, no. 3, pp.346-359 (2008).
- 11) OpenSURF  
<http://www.chrisevansdev.com/> (last accessed January 30<sup>th</sup>, 2014)
- 12) Fischler, M. A. and Bolles, R. C.: Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, Comm. of the ACM, vol. 24, pp.381-395 (1981).
- 13) Zhang, Z.: A Flexible New Technique for Camera Calibration. IEEE Trans. PAMI, vol. 22, no. 11, pp.1330-1334 (2000).
- 14) Iida, M., Uchida, R., Zhu, H., Suguri, M., Kurita, H. and Masuda, R: Path-Following Control for a Head-Feeding Combine Robot. Engineering in Agriculture, Environment and Food, vol. 6, no. 2, pp.61-67 (2013).