

Title	AUTONOMOUS UNLOADING SYSTEM FOR HEAD-FEEDING COMBINE ROBOT(Abstract_要旨)
Author(s)	Kurita, Hiroki
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2013-07-23
URL	http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k17832
Right	学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要旨 ・要約は2014-07-11に公開
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	栗 田 寛 樹
論文題目	AUTONOMOUS UNLOADING SYSTEM FOR HEAD-FEEDING COMBINE ROBOT (自脱コンバインロボットのための自動排出システム)		
(論文内容の要旨)			
<p>自脱コンバインによるイネやコムギの収穫作業は、刈取り、脱穀、選別、貯留運搬、および排ワラ処理の作業を一貫して行え、大幅な作業時間の短縮、省力化、および労働負荷の軽減がはかられている。しかし、近年農業従事者の減少と高齢化により、さらなる収穫作業の省力化と労働負荷の軽減が望まれている。一方で、コンバインは大型化・高速化する傾向にあり、オペレータには長時間にわたって注意深くコンバインを操縦する労働負荷が増大するとともに、高い操縦技術が要求される。このような問題に対処するため、オペレータによる手動運転に代わって、オートパイロット（自動操舵）や無人走行などのロボット化技術の実用化が望まれ、コンバインロボットの研究開発が国内外で進められている。しかしながら、農作物や穀物を自動で刈取るロボットの研究は数多く報告されているが、収穫した農作物や穀物を収穫機から運搬トラックに自動で積み替えるロボットやシステムに関しては、ほとんど研究されていない。</p> <p>このような背景のもと、本研究では自脱コンバインをロボット化し、イネの自動刈取りから収穫した穀粒の自動排出までの作業を実現するコンバインロボットを開発した。さらに、その性能評価を数値シミュレーションと圃場実験で行い、研究成果を全6章にとりまとめている。</p> <p>第1章では、日本農業の現状から本研究を着想するに至った動機について述べ、本研究が目標とするロボット収穫作業システムについて概説する。特に、穀物の収穫作業を完全にロボットで行うためには、収穫した穀物を自動で運搬トラックに積み替える自動排出システムの研究開発が必要であることを提唱している。</p> <p>第2章では、市販の自脱コンバインをベース機として開発したコンバインロボットの概要と、航法センサとしてGPS (Global Positioning System) とコンパスを用いて、目標経路に自動追従走行する制御システムについて述べている。また、イネ収穫のための目標経路を直線走行と枕地での90度左旋回を組み合わせた経路として提案した。ロボットがイネを正確に刈取るためには、目標直線経路に精度よく追従することが重要である。このため、航法センサから逐次ロボットと目標直線経路の間の横偏差と方向偏差を検出して自動操舵を行うアルゴリズムについて述べている。加えて、枕地での90度左旋回法として、スイッチバックターン方式を提案し、ロボットの旋回アルゴリズムについて述べている。最後に、コンバインロボットによるイネ収穫作業を実施し、目標経路追従制御による走行精度を明らかにした。</p> <p>第3章では、本研究で提案する自動穀粒排出システムの概要、キーテクノロジーとなるマシンビジョンによる運搬トラック上のコンテナ位置の検出方法、ならびに排出オーガの位置決め制御について述べている。マシンビジョンによるコンテナ位置の検出では、直接コンテナ位置を検出するのではなく、マーカの位置・姿勢を画像処理ライブラリ”ARToolkit”で検出することで耐環境性と処理速度の高速化を行った。加え</p>			

て、排出オーガの位置決め制御では、排出オーガを2自由度マニピュレータとして逆運動学問題を解き、マシンビジョンから得られた目標位置にその排出口を位置決めするビジュアルサーボ制御を適用した。最後に、開発したマシンビジョンによる自動穀粒排出システムの基本性能として、屋外実験により十分な精度で排出オーガの位置決めができることを確認した。

第4章では、コンバインの排出オーガに取付けられたカメラ（以下、オーガカメラ）で確実に運搬トラック上のマーカを捕らえるために、数値シミュレーションにより、カメラ視野を画角とオーガ設置位置から検討した。また、一般にコンバインが作業する圃場と運搬トラックが停車している農道の間には、高低差がある。この高低差によりカメラ視野がどのように変化するかについても、数値シミュレーションで検討した。以上の結果から排出口から出る塵や埃の影響を受けにくく、かつ広いカメラ視野を得られるオーガカメラの取付け位置を決定した。さらに、マーカを効率良く探索するために、排出オーガの2つの関節の動作パターンについても検討した。

第5章では、本研究で提案したマシンビジョンによる自動穀粒排出システムの総合的な性能評価として、圃場実験とその実験結果について述べている。具体的には、コンバインロボットは、刈取作業中にグレーンタンクが満量になれば、タンク内の穀粒を運搬トラックに排出しなければならない。このためには、任意の刈取り位置から運搬トラック付近まで自律走行で戻る必要がある。さらに、運搬トラックの位置は、必ずしも定位置に停車していないため、この誤差をコンバインロボットで修正する必要がある。したがって、実験ではコンバインロボットが穀粒排出位置まで自動走行し、オーガカメラで運搬トラック上のマーカを検出して排出オーガの排出口を適切な位置と高さに位置決め可能か否かを判断する。もし可能であれば、そのまま排出オーガを位置決めして穀粒を自動排出する。現在のロボットの停車位置から位置決め不可能ならば、排出口を適切な位置と高さに合わせるために必要なコンバインの移動量を算出して移動する。その後、再度オーガカメラでマーカを検出し、排出オーガを位置決める。これらの自動排出システムのための一連のアルゴリズムをロボットに実装し、圃場実験を行ったところ、十分な精度でロボットの位置を修正し、かつ穀粒をコンテナからこぼさずに自動排出可能であった。

第6章では、本論文の研究成果を各章について述べて総括すると共に、自動穀粒排出システムの機能と精度を向上するために重要と思われる手法を提案している。具体的には、マーカ検出のための画像処理アルゴリズム”SURF”の応用や、コンテナ内の穀粒の堆積状況モニタリング手法である。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

現在イネやコムギの収穫作業は、オペレータの操縦する自脱コンバインにより行われている。しかし、コンバインの操縦は、オペレータにとって長時間かつ神経を消耗する作業で、多大な労働負荷がかかり、高い操縦技術も要求される。このため、オペレータによる手動運転に代わって、自動操舵や無人走行といったロボット化技術が切望されている。本研究は、イネの自動刈取りから収穫した穀粒の自動排出までの作業を実現する自脱コンバインロボットを開発すると共に、その性能を数値シミュレーションと圃場実験を行うことによって評価し、ロボットによる収穫作業の可能性を検討したものである。評価すべき点は以下の通りである。

1. コンバインロボットにより、イネの刈取り作業を行うための作業経路の作成法を考案し、同時に作業経路に追従する制御システムを設計した。この制御システムによって高い走行精度を実現し、イネの刈取り作業を達成した。
2. マシンビジョンとマーカを組み合わせることで、明るさや影の影響を受けやすい屋外において、耐環境性を向上させた。同時にマーカ検出の精度と処理速度を高め、リアルタイムで排出オーガの位置決め制御を行った。
3. コンバインロボットと運搬トラックの相対的な位置によりオーガカメラがマーカを探索する範囲は大きく変化するため、カメラ視野を考慮してマーカを効率良く探索する手法を開発した。
4. オーガカメラによるマーカの探索手法に、コンバインロボットの走行制御を組み合わせることで、より広い範囲のマーカ探索を可能にした。同時に排出オーガとコンテナの間の相対的な位置のずれがある場合、このずれを補正するための自律移動手法を開発した。

以上のように、本論文は自脱コンバインロボットが完全無人で収穫作業を実現するために不可欠な自動穀粒排出システムの研究開発を行ったものであり、フィールドロボティクス、農業システム工学、生物センシング工学の発展のみならず、農作業ロボットの開発や実用化に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成25年6月14日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降