

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21380153

研究課題名（和文） スキル獲得と車両運動データベースによる農作業用ヒューマン
インターフェースの開発研究課題名（英文） Development of Agricultural Human Interface by Vehicle Motion
Database and Skill Acquisition

研究代表者

瀧川 具弘（TAKIGAWA TOMOHIRO）

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：00236382

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、ヒューマンインターフェースを介して車両運動データベースを参照することで、比較的初心者でも車両の運転を安全に行うことができるシステムの開発にある。具体的には、初歩的な技能しか持たない運転者が車両を安全に誘導する技術、クローラ型の車両を正確に誘導する技術、初心者でもトラクタに装着したトレーラを目標点まで後退走行させる技術を検討した。さらには、GPS を利用できない果樹園環境でも、樹木の幹をレーザーセンサでスキャンしてルートを探索するシステムを開発した。

研究成果の概要（英文）：

First purpose of this study is the system development of vehicle controller that enables less experienced driver can steers vehicle by referring vehicle motion control database for safety. In addition navigation of crawler tractor with accurately guidance has been tested. Human support system that makes less experienced driver can travel vehicle backward was developed. From the experiments it was found that laser systems can find tree trunks so that the vehicle can travel on the route in the fields.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2010 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
年度			
年度			
総計	9,600,000	2,880,000	12,480,000

研究分野：農業環境工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：自律走行車両

1. 研究開始当初の背景

(1) 第 1 次産業である農林業の従事者は、毎年減少しつづけており、現時点では 65 歳以上の老年労働者がかろうじて農業生産を支えている状況にある。あと 10 年もたてば、農業経験をもつ高齢者の多くがリタイアし、中核的な農業者がさらに減少することが懸

念される。大規模農業を行っている諸国では農地の集約による大規模化可能であるが、日本の場合、土地の値段が極端に高いため耕地の拡大は困難である。よって、大規模な農業は条件の良いところに限定されているのが現状である。こうした状況を打開する方法として、経験に乏しいが農業に従事したいと考

える都市近郊住民に農作業に従事して頂くことである。しかし、農業には経験が必要である。特に機械作業などでは危険が大きい。そこで比較的容易に農業機械を利用できるように、運転補助機能をもつ農業機械を開発することを目的とした。

実際、就農意欲をもつ住民や、都市近郊の在住で農作業への従事を希望する者が増えつつあり、棚田の保全などには多くの都市十間がボランティアとして参加しており、一定の満足を得ていることが報告されている。

しかし、実際に農業に従事する場合、特に農業機械を利用するには、トレーニングを繰り返し行ってスキルを獲得することが必要になる。この過程は、都市住民にとってかなり高いハードルとなっている。こうした現状を踏まえ、未経験者が最小限のトレーニングにより、速やかに農作業に従事できるようになるために、人の機械操作を簡略化・安全化するヒューマンインターフェースの開発を提案した。

ここでいうヒューマンインターフェースとは、トラクタの持つ機能を経験の少ない都市近郊農業者でも一定の運転技術を比較的短時間でマスターし、実際農業を実施できるように運転操作を簡単にする装置を言っている。コンピュータでこのアイデアはデータベースとヒューマンインターフェースによって、未熟者を補助することで、最善ではないが、安全に農作業を実施可能とすることを目指した。

実験ではインターフェースにより、劣駆動特性をもつピボットターンと直進走行のみが可能な履帯型トラクタを用いて、トレーラを後退走行させて、目標とする地点に誘導するための運転制御方法を開発し、スキルを実現できるかを実験的に検証することを第2の課題とした。



図1 実験に用いたゲーム用のハンドル

2. 研究の目的

人の運転をコンピュータが補助することで、農業の未経験者であっても、簡単な農作業や運搬作業などを短時間で実施可能となるインターフェースの開発を目的とした。

今回の研究では、インターフェースが人の運転を翻訳して、運転者の希望する方向を知り、車両を誘導する実験を行うこととした。

さらに、運転未経験者でも運転が可能であるかを比較検討することとした。さらに、運転操作が難しい履帯式のトラクタの新たな制御方法の開発についても研究を行うこととした。履帯式の車両は、一点を中心として旋回可能であるため、急ターンが可能となると考えられるので、その特性を活用したナビゲーションを行う。この場合には、データベースを利用したコンピュータによる処理が必須となった。

3. 研究の方法

(1) 図1は実験に用いた基礎的検討において用いたシステムの一部である。図から分かるように、操舵系はコンピュータゲーム機のハンドルである。実際に用いる場合には、人が入力するが、難しい操縦、例えば先に述べたようなトレーラの後退運転のように、熟練者しか実現できないような運転を可能にするシステムの構築と実験的な検証を行った。

実験結果を、図2に示した。全くの未経験者でも、ゲーム用のハンドルを回すだけで、車両のコンピュータがトレーラを後退制御可能とすることができた。その際の、運転角度の変化を図2に示した。トレーラの後退運転であるため、トラクタとトレーラとの角度は増大してしまう。しかし、コンピュータはそれをセンスしてほぼ一定の角度を維持できている。これはヒューマンインターフェースの持つ利点といえる。

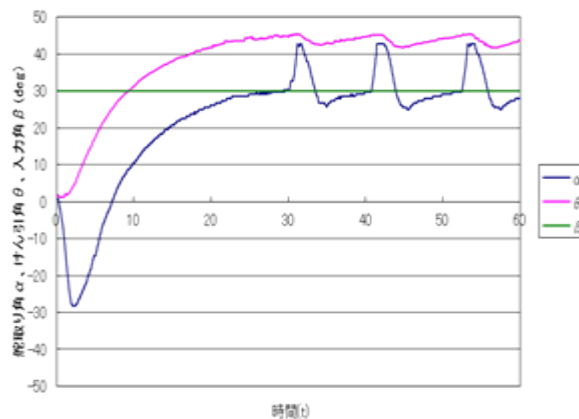


図2 トレーラ後退時の安全確保機能

(2) ヒッチ角度に対する安全装置

トレーラが過剰に曲がると前述したように、後退したままでは走行不要となり、そのまま後退を続けるとトラクタとトレーラは接触することになる。ジャックナイフ現象が起こらなくても、ヒッチ角が大きくなるとトラクタの挙動に対してのトレーラの応答性は悪化してしまう。これらを防ぐために、一定以上のヒッチ角になると、それ以上ヒッチ角が大きくならぬよう操舵することが必要となる。今回は左右それぞれ 45 度以上になるとセーフティが働き、ヒッチ角が 45 度以内に戻るまで強制的に操舵された。供試トラクタのステアリングは、左右それぞれ 45 度程度まで操舵が可能となっている。

しかしながら、人にとっては電子的に制御したために、運転者が大きく操舵して走行不能となることもあった。特にコンピュータゲーム機では非常に軽くステアリングできる状態になったため、運転が収束しない場合が多く見られた。

さらに、トラクタにトレーラを装着した場合での実験も行った。この場合も、運転が軽すぎるために誤差が多くなったが、数回のトレーニングでもトレーラを精度よく運転できる被験者も多かった。

(3) さらに、狭隘な農業道路においてナビゲーションを行うシステムの開発を行った。農道や林道などの曲がりくねった経路でのナビゲーションを GPS 等のナビゲーションシステムを用いずに、環境に存在するランドマークのみで走行するシステムの検討を行った。さらに、果樹園に存在する果樹の位置を計測して滑らかに走行するアルゴリズムの開発を目的とした。

4. 研究成果

初めに、ピボットターンと前進・後退のみが可能な劣駆動特性をもつ履帯型車両による車両系の運動制御について研究した。直進かピボットターンのみが可能な車両の場合には、トラクタが後退すると、トラクタとトレーラがなす角度が発散的に増大する。運転者は、トラクタ・トレーラ間の角度を調整するためにピボットターンを繰り返すことになる。さらに、トレーラの動きは、コンピュータにより計算することはできるが、簡単には推定できない。そこで本研究では、コンピュータが目的地に到達できるか否かを、旋回が終わった時点まで計算することで、誘導を可能とする方法を提案した。

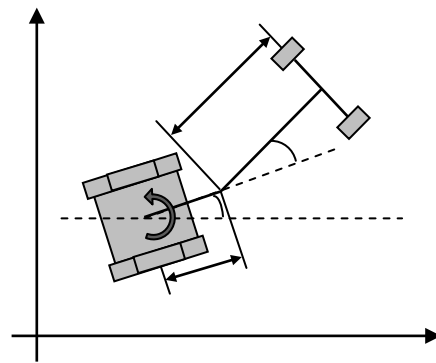
図はトラクタが目的地とする位置に後退走行している時の図である。トラクタは直線的に後退走行することと、トラクタ及びトレーラを後退させることしかできない。一方では、

操縦操作が単純であるため、狭隘な場所、例えば果樹園での走行には利点を有している。そこで、この特徴を生かした、トラクタ・トレーラ系の操縦制御について研究した。

下図では、トラクタが後退しているがトラクタの走行に従い角度 ϕ が急速に増大してしまう。そこで、次の手順で目的地にトレーラを誘導することができる。

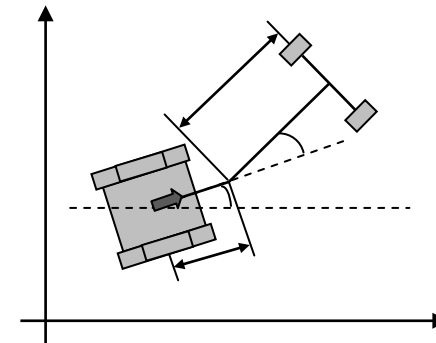
(STEP 1)

まずトラクタをピボットターンさせて、後退走行した場合、トレーラを中心点と目標する点が一致する経路を計算する。

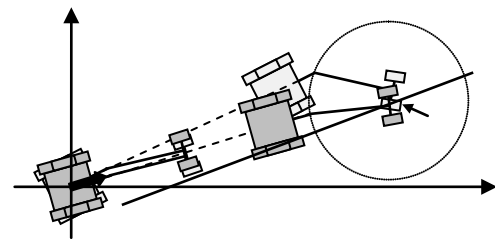


(STEP 2)

トレーラとトラクタとがなす角度をもとに、トラクタがピボットターンした場合の位置を計算する。



(STEP 3)



(2) トラクタとトレーラの位置が定まったので、トラクタを旋回させた場合のトレーラ位置を計算し、トレーラが目標地点に到達するのに必要なトラクタの旋回角度を挟み撃ち法で決定することでトレーラの精密な制御が可能となった。

(3) さらには、果樹園での走行制御の高度化について研究した。果樹園には大きな果樹が連続的に植えつけられているため、GPS などによる位置決めが不可能なことが多い。本実験では、まず SICK 社製のレーザーレンジファインダーにより樹幹を検出する実験を行った。レンジファインダーによる樹幹の検出は可能であったが、ノイズによる位置検出失敗が問題となった。

その原因は、センサの検出能力、第2には車両が旋回するために、検出した樹木の幹が、どの幹と適合しているのが分からなくなる点にある。そこで、車両の移動と、見かけ上の幹の移動を検出することで、果樹に衝突することなく走行できることを確認した。

しかし、果樹列が曲がっている場合や、隣の列の樹木を検出などの問題が生じた。さらには、雑草などが風などで揺れていると果樹を見失い、誤認識を繰り返すことがあった。

そこで、RTK-GPS を装備した自律走行車両を用いて確認しながら、実験での精度確認をおこなった。その結果、果樹園などでの自動走行に応用できることが分かった。

しかし、雑草や風による細い樹木の動きはノイズとなることや、走行の妨げになることが多かった。今後はより風などや雑草といった環境条件の影響が少なくなる装置を開発していく予定である。



図3 果樹園での無人走行軌跡

(●が樹木、線がトラクタの走行軌跡)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

Supachai Kulmutiwat, Pawin Thanpattranon, Tomohiro Takigawa: 農業車両に牽引される 2 台のトレーラ用の多項式経路設計(2011), 47, 14-15, 2011, 日本農作業学会 京都 査読無

[学会発表] (計 1 件)

Tofael Ahamed, Supachai Kulmutiwat, Pawin Thanpattranon, Sasiwimon Tuntiwut, Noguchi Ryozo, Tomohiro Takigawa. Monitoring of Plant Growth Using Laser Range Finder. ASABE Paper No. 1111373, St. Joseph, Michigan, Louisville, Kentucky, August 7-10, 2011

[図書] (計 1 件)

Tofael Ahamed, MIN Khan, Noguchi Ryozo, Tomohiro Takigawa. GIS and Participatory Approaches for Developing Resource Maps for Agricultural Policy. Agricultural Policies New Developments, Nova Publishers, USA, ISBN 978-1-61209-630-8, 243-241, 2012

[その他]

ホームページ等

<http://www.agbi.tsukuba.ac.jp/~aeng/faculty-1.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀧川 具弘 (Takigawa Tomohiro)

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：00236382

(2) 研究分担者

長谷川英夫 (Hideo Hasegawa)

農学部・生産環境科学科・准教授

研究者番号：80292514