

平成21年 5月27日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19780193

研究課題名 (和文) 複合現実技術による夜間農作業支援

研究課題名 (英文) Night farming assistant system using augmented reality

研究代表者

海津 裕 (KAIZU YUTAKA)

北海道大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：70313070

研究成果の概要：夜間、トラクタやコンバインなどの走行車両を用いて安全に農作業を行うための技術について開発した。トラクタによる作業は、等間隔で決められた経路を走行することが多い。しかし、何も目印のない畑で正しい経路で走行することは大変困難である。まして夜間では、なおさらである。そこで、拡張現実技術を用い、トラクタの屋根に取り付けたカメラによって撮影された実際の画像に、バーチャルな圃場の地図を重ね合わせることで、直感的なナビゲーションシステムを開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,000,000	0	3,000,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	150,000	3,650,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：複合現実・農業車両・夜間作業・GPS・IMU

1. 研究開始当初の背景

現在、日本の農業人口が減りつつある。それに伴い、遊休農地や耕作放棄地が増加し、農地の総面積が減少している。その一方で、農業の新たな担い手として農業生産法人がその数を増やしている。戦後、トラクタやコンバイン、田植機等多くの農業機械が開発され、生産性は著しく向上した。国産トラクタの出力は100馬力を超え、一部の農家を除いて、これ以上の出力アップは省力化や生産性という観点からは意味がなくなりつつある。これから日本の農業を持続させていくためには、農業従事者の所得を他産業に近づける事が不可欠であるが、そのためには生産性向上と規模拡大を行う必要がある。しかし、機械本体の生産性向上がこれ以上見込めない

今、残された方法は作業時間を増やす事しかありえない。つまり夜間作業を積極的に行う事で、規模を拡大しながら適期作業が可能となると考えられる

2. 研究の目的

本研究は、トラクタやコンバイン、田植機などの様々な作業を想定し、それらに共通する夜間作業の支援技術を開発する事を主たる目的とする。具体的には、左右別画像が表示されるヘッドマウントディスプレイ (HMD) と二つの近赤外/可視光兼用カメラを用いて、近赤外画像にナビゲーション情報を三次元的にスーパーインポーズし、夜間作業を安全かつ効率的に行う事ができるシステムの構築と、ソフトウェア開発を行うことを当初の

目的とした。

3. 研究の方法

(1) 開発したシステムの概要

図1にシステムの概要を示す。まず、対象となる畑や農道の測量を行い、3Dマップを作成する。また、このマップから、目標となる走行経路を生成する。この作業はオフラインで行う。畑の3Dマップは、GPSを備えたトラクタで、畑を走行することで取得することが可能である。次にオンライン処理として、まず2台のRTK(Real-time kinematic)-GPSによって、トラクタの地上座標系に対する位置とヨー角を計測する。同時に、IMUによって、ロール、ピッチ角を計測する。これらの情報を用いて、実カメラの位置と、姿勢を推定する。実カメラと同じ位置、姿勢に仮想カメラを配置し、先に作成した3Dマップを撮影することで、仮想画像と実画像を重ね合わせることが可能となる。この時、仮想カメラは歪みのない理想カメラだが、実カメラ画像は、レンズの歪みの影響を受けているため、歪み補正を行った後に、合成を行う。実際の風景に、コンピュータで作られた文字や図形などの情報を付加することをAR (Augmented reality:拡張現実)と呼ぶが、この技術は、放送業界や映画制作、スポーツ中継、宇宙航空、軍事など様々な分野に応用されている。最近では、自動車の車庫入れの誘導などにも利用されている。

当初の目的では、HMDを用いることを想定したが、安全を考慮して、モニターを用いることとした。

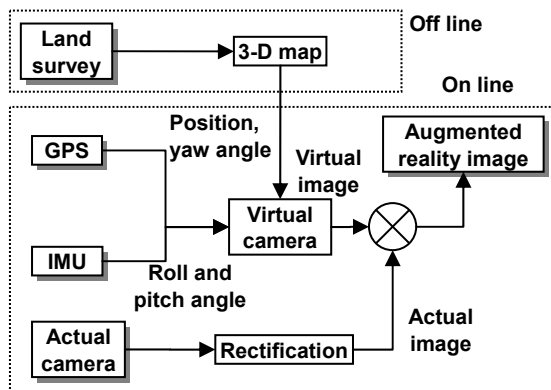


Fig. 1 Schematic of the system

図2に、システムの写真を示す。カメラやGPS、IMU、ノートブックPC等は、トラクタの屋根に搭載されている。カメラはトラクタのすぐ手前から水平方向まで撮影できるようにセットされている。また、モニターが運転席の前に設置してある。

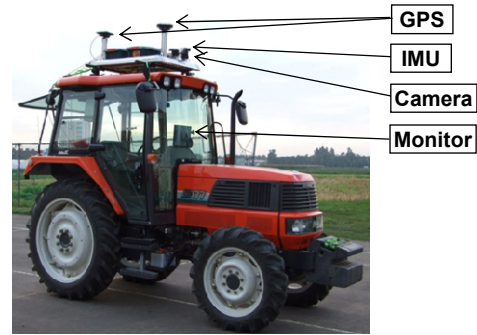


Fig. 2 Tractor navigation system

(2) システムのキャリブレーション
仮想カメラと、実カメラをずれなく合成するためには、実カメラの内部パラメータ（焦点距離、主点位置、レンズ歪み）と、外部パラメータ（位置、姿勢）を知る必要がある。そこで、写真測量用ソフトウェア EOS 社 Photomodeler 6.0 を用いて、カメラキャリブレーションを行った。内部パラメータは、12枚のテストグリッドを撮影することで行った。ここで求めたパラメータをオンライン処理での歪み補正に用いた。外部パラメータとしては、GPS と IMU によってトラクタの位置と姿勢がわかっているため、トラクタに対する初期のカメラ位置および姿勢を求めた。トラクタの前方に、複数のマーカーを置き、それらを撮影すると同時に、トータルステーションによって位置を計測した。画像中の座標と実座標、カメラの内部パラメータを入力することで、カメラの位置および姿勢を推定することができた。開発したシステムによってマーカーの位置を逆投影したところ、誤差は1ピクセル以内に収まったため、正確なキャリブレーションが行われたことが確認できた。

4. 研究成果

(1) 合成精度の検証

図3に示すように、トラクタの前に1m間隔で水平面にマーカーを置き、トラクタに取り付けたカメラで撮影を行った。トラクタは、位置、ロール、ピッチ、ヨーを変化させて、複数の条件で静止させた状態で撮影を行った。同時に、GPS と IMU によって、位置、姿勢を計測した。マーカーの絶対座標はGPSによって得られているので、先述の写真測量ソフトウェアを用いることで、実カメラの位置、姿勢を推定することができる。この値を真の値として、GPS/IMUによって推定されたカメラの位置、姿勢と比較した。その結果を表1と表2に示す。位置については、GPSの精度が、水平方向に±2cm、垂直方向に±3cmであること、またロールピッチ角についてはIMUの角度精度が±0.2度であることを

考えると、この結果は、妥当なものだと考えられる。しかしながら、ヨー角の精度は他の角度の精度に比べて低かった。これは、GPSの取り付け間隔によるものだと考えられる。今回の実験では取り付け間隔は約1mだったが、これを伸ばすことで、さらなる精度向上が見込まれる。

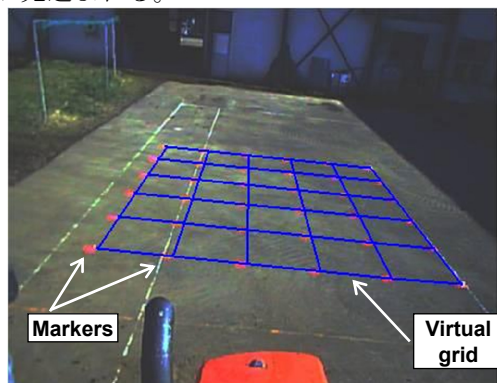


Fig. 3 Overlaid image

Table 1 Camera position estimation error

	X	Y	Z
RMS error (cm)	1.87	2.83	2.42
Max. error (cm)	4.14	3.84	5.73

Table 2 Camera direction estimation error

	Roll	Pitch	Yaw
RMS error (degree)	0.21	0.25	0.85
Max. error (degree)	0.67	0.38	0.74

次に、合成の精度を比較するため、図3に示す、各マーカーの位置と、仮想的なグリッドの各交差点の位置の誤差を、水平距離で算出した。その結果を図4に示す。11の位置と姿勢において1画像あたり、36点のマーカーについて、カメラとマーカーの距離と水平距離の誤差の関係を求めた。その結果、当然ながら、カメラとマーカーの距離が離れるに従って誤差が線形に増大することがわかった。これは、距離が離れると、1ピクセルあたりの大きさが大きくなることと、姿勢の推定誤差が増幅されるためである。逆投影の誤差は、カメラの位置・姿勢の推定の結果に左右される。しかしながら、トラクタナビゲーションにおいて、前輪の位置合わせを目的とした場合、実際に高い位置精度 (<10cm) が必要とされるのは、カメラから5m以内である。この範囲では、誤差は8cm程度に抑えられており、十分な精度が得られている。楕円で囲んだ部分は、ヨー角の誤差が1.9度と大きかった画像を表している。

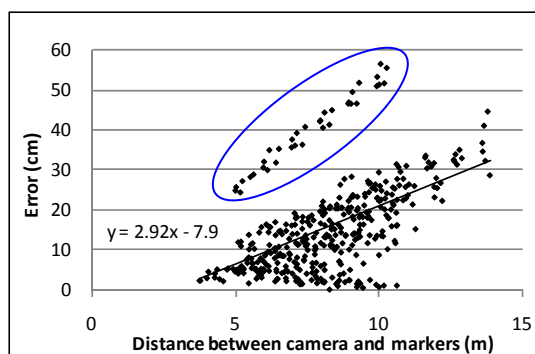


Fig. 4 Inverse projection error

図5に、農道の縁をあらかじめ測量したデータを実際の画像に重ね合わせた画像を示す。トラクタから遠くまで離れても、実際の道と、仮想線が一致していることがわかる。

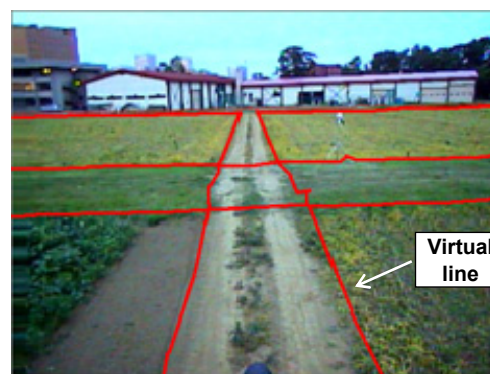


Fig. 5 Overlaid image of farm road

(2) 結論

拡張現実技術を用いたトラクタナビゲーションシステムの構築と、静的条件における画像合成精度について、調査した。その結果、GPSの位置測定精度が良好な時は、ナビゲーションに十分な精度で合成を行えることがわかった。

今後の課題は、トラクタが走行している状況において、連続的に、誤差の検出を行うこと、1コマあたりの処理速度を向上させること

(現在 20Hz → 30Hz)、撮影から表示までの遅れ時間を少なくすること (現在 160msec → 50msec)、実際の農作業で使用しオペレータの疲労度を調査すること等である。

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)

〔学会発表〕(計 1件)

海津裕、崔鍾民、複合ビジョンシステムによる夜間農作業(ナイトファーミング)支援技術に関する研究、生物環境工学会、松山愛媛大学、2008年9月10日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

海津 裕 (KAIZU YUTAKA)

北海道大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：70313070

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし