

「準天頂衛星を利用したオートステアリングシステムの精度向上」の成果について

研究 開発 体制	主管研究機関	株式会社トプコン	研究 開発 期間	平成22年度～ 平成24年度 (3年間)	研究 開発 規模	予算総額(契約額) 70百万円		
	共同研究機関			1年目		2年目	3年目	
						18百万円	23百万円	29百万円

研究開発の背景・全体目標

・研究開発の背景

我が国の農業では従事者不足と規模拡大の必要性から農機の自動化に対する期待が高まっている。自動化された農機にのひとつに農業用トラクターにGPSを取り付けオートステアリング(自動操舵)を行うシステムがある。しかし現在主流である補正情報を使用したRTK測位では、2台以上のGPS受信機が必要であり、無線機を利用したデータ配信システムが必要となるなど、導入コストやランニングコストが高いという問題点がある。また、MSASを使用したDGPS測位は、1台のGPS受信機のみシステムであるが、測位精度が1m程度と低いという問題点がある。

・全体目標

導入コストやランニングコストがRTK測位に比較して低い、測位に準天頂衛星のGPS補強信号(LEX信号)を使用したPPP(Precise Point Positioning)測位でのシステムを実現し、その測位精度が農業用オートステアリングシステムで要求される30cm以下となることを実証することを目標とする。

研究開発の全体概要と期待される効果

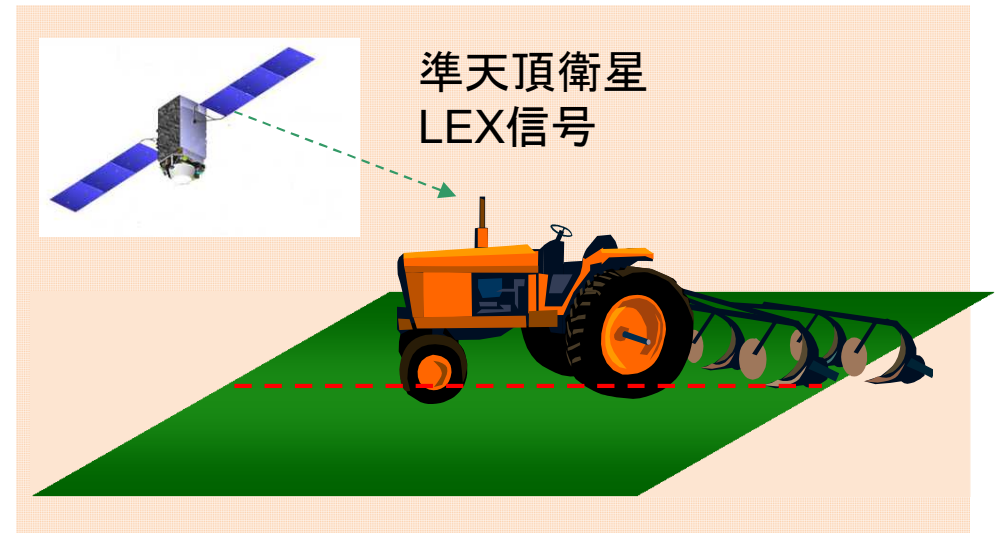
・研究開発の全体概要

LEX受信機を開発しGPS補強信号(LEX信号)が受信できることを確認する。

PPP測位計算プログラムを開発し目標精度が達成されることを確認する。PPP測位でのオートステアリングシステムで農機を自動走行させ、その走行精度を確認する。

・期待される効果

農薬や肥料などの散布の際に抜けが無い様に重複させて散布を行うが、高精度のオートステアリングシステムを活用することで重複幅を最低限にする事ができるで材料費の削減が可能になる。この研究開発により低コスト高精度のオートステアリングシステムが実現されれば、農業向けのGPS活用システムの普及が拡大が期待される。



① 「PPP測位計算プログラム」

達成目標と実施内容

【達成目標】
オートステアリングに使用されるMSASによるDGPS測位よりも高い精度30cmを目標とする。

【PPP計算プログラムの特徴】

- リアルタイムでのPPP測位計算が可能
- QZSS-LEX信号を含む、複数のGPS精密暦に対応している
- GUIでは設定変更が随時可能であり、リアルタイムに測位結果が表示される

【測位精度向上のための手法】

- 最小二乗逐次平均法を使用し、アンビギュイティ等の未知数を推定
- 対流圏伝搬遅延のモデル誤差を推定し補正
- 衛星アンテナと受信アンテナ特性を補正
- Phase Windup効果を補正する
- 「食」の衛星を測位から除外
- 地球潮汐の影響を補正

【測位座標の精度評価】
夏季と冬季それぞれ3日分の定点観測データに対しPPP測位計算プログラムを適用し、結果の誤差を評価した。その結果、測位誤差のRMSは平面で20cm以下と目標を上回る精度を確認した。

主な研究開発成果

準天頂衛星が送信する補強信号(LEX信号)を利用したリアルタイム測位が可能なPPP測位計算プログラムを開発した。評価の結果、このプログラムが出力する測位座標の精度は所期の目標を上回ることが確認され、オートステアリングシステムへの適用は十分に可能だと判断できる。またこのプログラムは十分なグラフィカルユーザーインターフェースを備えており、トラクターを使用したフィールドでの実証実験でも有効に動作することが確認された。

ユーザーインターフェース

1エポックデータに対する処理

PPP測位計算プログラム測位誤差の例

② 「LEX精密軌道情報受信システム及びデータ通信システム」

達成目標と実施内容

【達成目標】

安定的で高精度なオートステアリングを実現する為の精密軌道暦取得及び制御部へPPP座標値を提供するシステムの構築

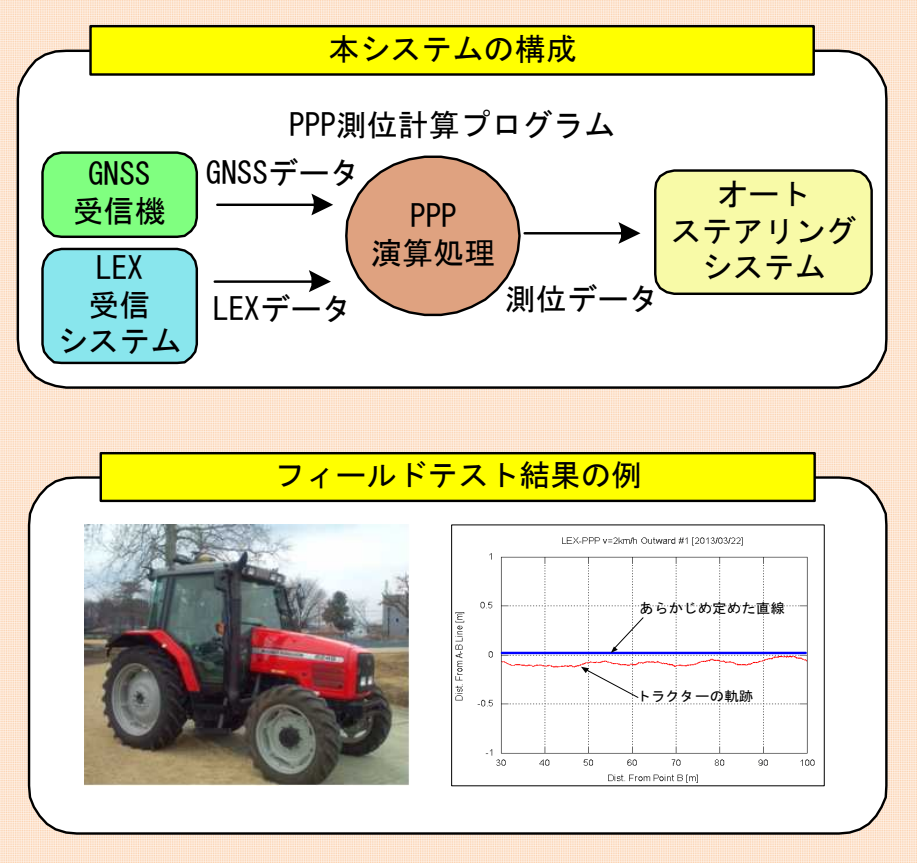
【本システムの特徴】

- ・受信システムの実体を内包し、様々な精密暦・補正情報を区別無く扱える
- ・LEX信号で伝送されるデータのデコード
- ・通信方式としてTCP/UDP/RS232c/USBに対応
- ・全ての機能をライブラリ形式で提供
- ・高速かつ低レイテンシ通信の実現
- ・低負荷動作

【フィールドテスト】

本システムを利用したオートステアリングシステムをトラクタに取付け、所定のルートでの走行を行った。評価を通し、本システムは安定的に座標値を制御部に提供することを確認した。

結果として、トラクタは、達成目標の30cmを上回る精度で所定のルートトレースに成功した。



主な研究開発成果

オートステアリングシステムは多様な機器で構成されており、それらが協調的な動作を行うことにより、予め指定したコースに沿った走行をするように自律的な操舵を行うシステムである。これらを実現するためには、準天頂衛星から送信される測位計算をするための精密軌道暦を取得し、PPP測位計算プログラムに提供し、出力された測位解をオートステアリングシステムの制御部に渡すことが必要となる。これら全ての部分において適切な処理を行い、トラクターを使用したフィールドで行った実証実験でも有効に動作することを確認した。

その他の研究開発成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	受賞等
	国内：0 国際：0	国内：0 国際：0	国内：1 国際：1	国内：0 国際：0	国内：0 国際：0	国内：0 国際：0

研究開発成果発表会等の開催について

- 2013年10月31日
衛星測位学会主催のGPS/GNSSシンポジウム2013にて成果発表
- 2013年12月3日
Multi GNSS ASIA主催のワークショップにて成果発表

成果展開の状況について

本事業の結果から、高精度単独測位が実用に耐えられる精度を達成できることがわかった。また、準天頂衛星から発信されるLEX信号を使用することにより高精度単独測位が行えることも実証された。現在使用されている相対測位には、現在のところ精度的には及ばないが、業種や利用目的次第では、今後この方式が測位の主流となる可能性が大きいと考えている。準天頂衛星を利用する場合、現在LEX信号フォーマットが決定されているわけではないが、今後フォーマットが固まり次第PPPによる測位ができ、農機制御に応用できるよう製品化を行っている。この場合、従来のRTKで必要だった高い導入コストやランニングコストを低く抑えることが可能になることから、日本域だけでなく、東南アジアやオセアニアなどの準天頂衛星が視認できる地域での農機の自動制御の普及が可能になると考えられる。

今後の研究開発計画

準天頂衛星は2010年代後半を目途にまずは4機体制を整備されることが閣議決定されており、将来的には持続測位が可能となる7機体制を目指している。本委託事業で利用したLEX信号の情報はまだ発展途上のものであり、満足のいく結果は得られなかったが、本事業の終了直前にJAXAのGPS衛星の位置測定システム(MADOKA)が完成し、精度のよい軌道情報や時計情報が準天頂衛星のLEX信号で放送されるようになった。これにより短期ではあったが高精度の測位精度が実現できたと思われる。今後は、PPPによる測位が安定的にさらに高精度になると期待できるので、その安定性の確認を行い、社会的要請に応えうるコア技術としていきたい。さらに本委託研究事業終了後も準天頂衛星を使用したPPP測位技術を重要課題と位置づけ、オートステアリング以外への応用も推進していく予定である。

事後評価票

(平成25年3月現在)

1. 課題名 準天頂衛星を利用したオートステアリングシステムの精度向上

2. 主管研究機関 株式会社トプコン

3. 事後評価結果

(1) 課題の達成状況

「所期の目標に対する達成度」

本研究開発では、(2)項に示すとおり LEX 信号ソフトウェア受信機、PPP 計算プログラムおよび補正データ・測位データ通信システムを開発した。またテストフィールドにおいてそれらの成果を使用し、オートステアリングシステムによるトラクターの自動走行実験を行った。その結果、準天頂衛星の補強信号 (LEX 信号) データを利用する開発した PPP 高精度測位において、走行するトラクターを達成目標 30cm を上回る制御精度で自動走行可能であることを実証した。

このことから所期の目標は達成したと判断する。

「必要性」

我が国では農業所得の減少から農業従事者の減少や高齢化が進行し、労働力不足や耕作放棄地の増加などの問題が深刻化している。またその一方で、農業経営を成り立たせるためには規模の拡大が必須となっている。そのような状況で農機の自動化や精密農業による効率化、省力化に対する期待は我が国でも次第に高まっている。

農機の自動化に必要な技術のひとつにオートステアリングシステムがあげられる。オートステアリングシステムとは農機等にあらかじめ計画されたルートを走行するように自動操舵制御するシステムである。このシステムでは現在位置と速度・方向を認識するための高精度測位が必要になる。現状のシステムではこの測位には RTK 方式が使用されるのが一般的である。しかしながらこの方式では 2 台の GNSS 受信機と 2 点間の通信システムが必要となり高コストとなり普及を妨げる要因となっている。

本研究ではこの RTK 方式の代わりに、準天頂衛星からの測位補強信号 (LEX 信号) を利用し PPP 方式により測位を行うことによりオートステアリングシステムの低コスト化を達成することを目的としている。これは農業の効率化、省力化、省人化を求める社会情勢に答えるものである。また準天頂衛星システムを利用することは、衛星の民間利用拡大を促進するものであり、必要性は十分あると判断する。

「有効性」

本研究開発で取り組む技術は将来普及が期待される単独高精度な GNSS 測位であり、実用化されれば大きな波及効果が見込まれる。

平成 23 年度までの目標として、PPP 測位モジュールの開発と LEX 信号ソフトウェア受信機の開発が設定されている。また平成 24 年度までの目標として、フィールドでの車両を用いたナビゲーション実証実験が設定されている。またそれを実現するため実験用ソフトウェアのユーザーインターフェースや通信ドライバー等の開発、PPP 測位精度の改善が設定されている。これらの成果は技術報告書や成果発表で報告された。

以上により設定された目標は実施されており有効性があるが、これらの組織内評価だけでなく、更に特許申請・論文発表を実施し、開発した測位計算プログラムを公開し社会に広く成果を知らしめることで、更なる有効性が認められる。

「効率性」

(イ) 実施体制

本研究開発はその規模から主管研究機関単独で実施された。一方、実証実験に使用するオートステアリングシステムについては関係会社との連携で実施された。また使用するトラクターとテストコースについては独立行政法人 農業・食品産業技術開発総合研究機構生物系特定産業技術開発研究支援センターの協力で実施された。以上により関連開発メーカ、関係行政機関等との連携で実施されており、本研究は十分な実施体制で実施された。

(ロ) ロードマップ

・平成 22 年度

PPP 補正データと PPP 測位に関する基礎研究

LEX 信号受信実験

・平成 23 年度

PPP 測位モジュールの開発

LEX 信号ソフトウェア受信機の開発

・平成 24 年度

PPP 測位モジュールの精度向上

フィールド実証実験に必要なドライバ・アプリケーションの開発

フィールド実証実験

実施計画 3 年間で実証実験可能なロードマップを設定し、その進行・進捗は妥当であると判断する。

(ハ) 資金計画 (契約額)

- ・平成 22 年度 : 18 百万円
- ・平成 23 年度 : 23 百万円
- ・平成 24 年度 : 29 百万円

本研究では準天頂衛星から送信される LEX 信号を活用した PPP 測位に関する独自技術が開発され、その技術を応用するオートステアリングシステムへの適用実験が実施された。近年では PPP 測位に対する注目が高まっており、低コストの農業用オートステアリングシステムへの応用が見込まれる状況であることを鑑みると、資金計画は妥当であると判断する。

以上により、(イ) 実施体制、(ロ) ロードマップおよび (ハ) 資金計画について効率性の観点から妥当であると判断する。

(2) 成果

「アウトプット」

- ・ PPP 計算プログラム

フィールドでのリアルタイム測位が可能な PPP 測位計算プログラムであり、その測位精度は所期の目標を上回り水平方向で 20cm (RMS) の精度が得られた。これはオートステアリングシステムへの適用可能な精度となっている。グラフィカルユーザーインターフェースについては、トラクターを使用したフィールドで行った実証実験にて利用しているが、その有効性についてはユーザビリティを考慮した評価が今後必要である。

- ・ LEX 補正情報受信システムおよびデータ通信システム

オートステアリングシステムは多様な機器で構成されており、それらが協調動作することにより、予め指定したコースに沿った走行をするように自動操舵するシステムである。これらを実現するためには、準天頂衛星から送信される精密軌道暦を受信し、PPP 測位計算プログラムで算出した測位解をオートステアリングシステムの制御部に渡すことが必要となる。これらのシステムが適切に動作し、フィールドで行ったトラクターを用いた実証実験で動作することを確認した。

以上により、各研究課題について、得られた成果は妥当であり、すべての目標を達成したと判断する。

「アウトカム」

本研究開発で得られた PPP 測位モジュール・LEX 補正情報受信システムおよびデータ通信システムの組み合わせにより、従来は必須であった通信装置や 2 台の GNSS 受信機を使用しなくとも、1 台の GNSS 受信機で高精度測位できることが確認された。本研究では農業用オートステアリングシステムへの適用を目的としたが、高精度測位技術は広く適用可能な技術であり、今後はナビゲーションや定点観測等の様々な分野での利用拡大が見込まれる。また本技術は従来の高精度測位技術 (RTK 等) と異なり、2 台の GNSS 受信機やインフラを必要としないため、従来技術では高精度測位が困難であったインフラの整備が遅れている海外の地域や海洋での利用拡大も期待できるが、実際に利用拡大を行うためには、本研

究にて開発した LEX 受信機の導入、運用コストや市場への普及のシナリオのより具体的な検討と評価が必要である。

(3) 今後の展望

準天頂衛星は 2010 年代後半を目途にまずは 4 機体制を整備することが閣議決定され、将来的には準天頂衛星のみで測位が可能となる 7 機体制を目指している。このようなことから、今後は衛星測位の利用がさらに促進されると考えられる。また少子高齢化が進むわが国では、農業の効率化、省力化、省人化は必要な技術であり、衛星測位の低コスト化は普及に関わる重要なファクターとなることが予想される。主管研究機関が本研究を通じて開発した技術はこれらの社会的要請に応える技術の一つである。しかし、本研究の成果を実際の農機の自動化に適用し、運用するためには、技術開発のみならず、ビジネスモデルや標準かなど様々な観点での総合的なシステムデザインが重要であり、今後は実際の運用を念頭においた場合の現状の課題を明らかにした上で、その課題を克服するための試みを推進して頂きたい。

評価点

A

評価を以下の 5 段階評価とする。

S) 優れた成果を挙げ、宇宙利用の促進に著しく貢献した。

A) 相応の成果を挙げ、宇宙利用の促進に貢献した。

B) 相応の成果を挙げ、宇宙利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。

C) 一部の成果を挙げているが、宇宙利用の明確な促進につながっていない。

D) 成果はほとんど得られていない。