

南極用無人走行機能付きトラクターシステム

長嶋 賢一 山田 浩司 但野 暁子
 Nagashima Kenichi Yamada Koji Tadano Akiko

南極用無人走行機能付きトラクターシステムは、南極大陸において沿岸部から内陸部まで物資を輸送するため、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所の要請に基づいて開発した。このシステムは人が操縦する通常走行のほか、有人雪上車から無線送信されたGPS計測位置情報、ジャイロ (Gyroscope) などの各種センサー測位情報、および自律航走の組み合わせで自動追従走行を実現した。

今後は、複数台のトラクターを同時に自動追従させることや、有人雪上車を無人化することなどシステムの完全自律走行化をめざし、南極における物資輸送の効率化を図る。

1. 物資輸送を効率化

南極大陸では、沿岸部基地から内陸部基地への物資輸送を、そりを牽 (けん) 引した有人雪上車で行っている。内陸部基地までは1日約10時間の移動で片道約3週間を要し、雪面や氷上を走行することによる振動などが観測隊員の負担となっている。南極用無人走行機能付きトラクターシステムは、トラクターを自動で追従走行させることで南極大陸での観測隊員の負担軽減、物資輸送の効率化を目的として開発した。

2. システム概要

南極用無人走行機能付きトラクターシステムは、有人雪上車と無人トラクターの各車両と、それぞれに搭載する電子機器で構成されている (図1参照)。

無人トラクターは、自身が取得するGPS (Global Positioning System) 位置情報および姿勢情報と、有人雪上車のGPS位置情報を基に追従走行する。無人トラクターの前後には監視カメラを搭載しており、撮影した映像を有人雪上車に搭載したパネルPC (Personal Computer) で監視することができる。また、有人雪上車が牽引するそりの最後部に取り付けた標識を前方カメラで撮影して画像認識することにより、そりとの距離を算出して衝突防止を図っている。

有人雪上車に搭載したパネルPCからは、無人トラクターに対して追従開始/停止などの指令情報を送信するほか、無人トラクターの走行状態や有人雪上車・無人トラクター・走行ルート上のウェイポイント (おおむね2 km間隔に設置された走行ルートの目標座標) の各位置情報を監視することができる。

3. 追従方法

南極用無人走行機能付きトラクターシステムの自動追従

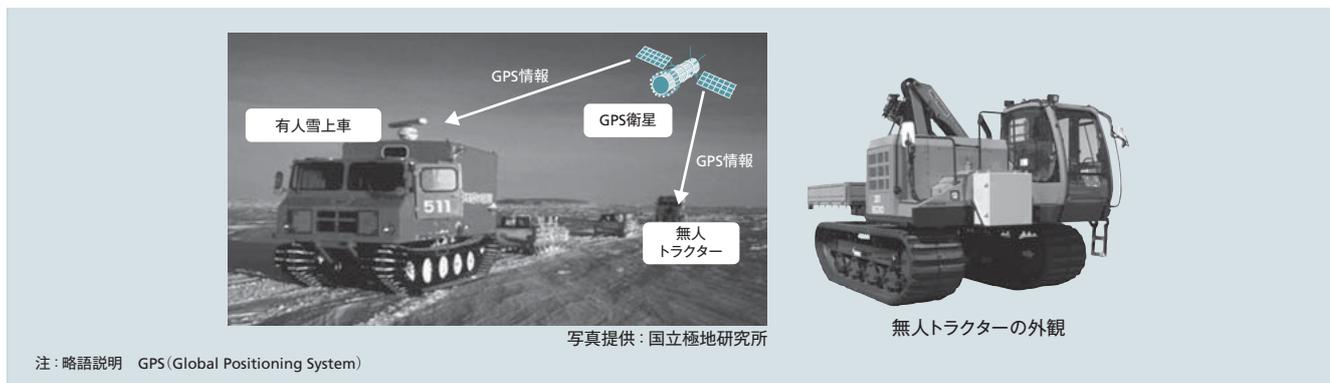


図1 | 無人走行機能付きトラクターシステム

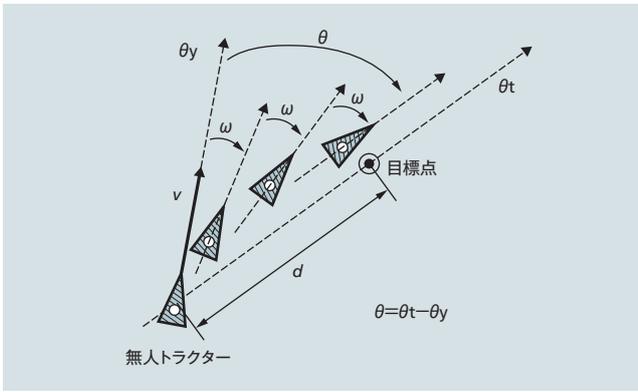


図2 | 旋回量の算出

機能は、各車両のGPS計測位置を基に目標点の方向(θ)を算出し、距離(d)と無人トラクターの速度(v)から1秒間に旋回すべき角度(ω)を計算して走行する(図2参照)。

4. 追従性能

GPS計測位置は、さまざまな要因によって実際の位置との誤差が生じる。そのため、このシステムでは次に示す二つの観点から方式を検討し、追従精度を向上させている。
(1) 計測位置の誤差を少なくする。

追従走行を行うにあたって、最も重要な情報は有人車と無人車の正確な位置関係である。そのため、本来は地上に設置されている電子基準点を有人雪上車上に設定し、有人雪上車からの方位と距離を測定するRTK (Real Time Kinematic) -GPS^{*1)}方式を採用した。これにより、計測相対位置の誤差約20 cm以下を実現した。

(2) 計測誤差の影響を極力少なくする。

無人トラクターは常に有人雪上車に向かって走行しているわけではなく、有人雪上車の軌跡を目標点としている。そのため、GPS計測位置にばらつきがあった場合、目標点までの距離(d)が短くなるほどばらつきの影響を受けて、追従誤差が大きくなる(図3参照)。人間は自動車を運転する際、常に一定距離先に視線を集中して走行する。同様に、無人トラクターも一定距離以上先の計測点を目標

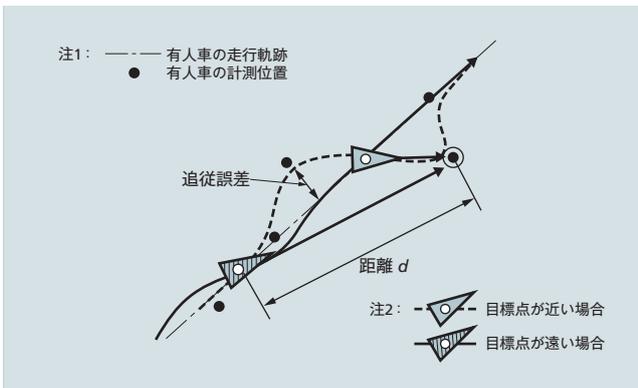


図3 | バラつきの影響

距離 d (m)	5	10	15	20
追従誤差(m)	10.1	9.7	2.5	1.7

表1 | 距離 d を変化させたシミュレーション結果

点とし、目標点を切り替えながら走行する。

このように、目標点との横偏差に比例して旋回角を制御する前方注視モデルを採用することにより、計測点のばらつきの影響を最小限に抑えた追従走行を可能にした。距離(d)を変化させたときのシミュレーション結果を表1に示す。5 m先の場合に比べ、20 m先に目標点を設定することで追従誤差を抑えることが可能となった。

5. 走行結果

南極における運用状態を想定し、障害物のない雪原で走行試験を行った。試験中は、半径20 mの急カーブの旋回追従試験などを行ったが、有人車の走行軌跡から大きく外れることなく走行することができた。また、南極特有のサスツルギ^{*2)}を乗り越えるための雪山登坂試験を行った。自動追従中に約20度の斜面を登降坂し、問題なく追従できることを確認した。

今後は、複数トラクターによるコンボイ走行や有人車の無人化など、さらに輸送効率のよいシステムを提案していくとともに、自動制御システムをはじめさまざまなニーズに応じた制御ソリューションを提供し、安全・安心な社会の未来に寄与していく。

※1) 電子基準点(既知点)から補正観測情報を移動局へ送信し、移動局の位置をリアルタイムで測定する方法。測定精度を上げるには、電子基準点と移動局間の距離をおおむね10 km以内に抑える必要がある。
※2) 南極の大陸雪面にできる凸凹で、大きなものは高さ2 m近くに達するものもある。

参考文献

- 1) 渡辺, 外: 装軌車の車線乗り移り運動に関する研究, 自動車技術会論文集(1997.4)
- 2) 国立極地研究所 南極観測センター: 雪上車運用マニュアル(2009.10)

執筆者紹介



長嶋 賢一

1981年日立通信システム株式会社入社, 株式会社日立アドバンストシステムズ 事業推進本部 電子応用システム部 所属
現在, 装備システムの開発に従事



山田 浩司

1989年日立電子エンジニアリング株式会社入社, 株式会社日立アドバンストシステムズ 事業推進本部 電子応用システム部 所属
現在, 自動制御システムの開発設計に従事



但野 暁子

2010年株式会社日立アドバンストシステムズ入社, 事業推進本部 電子応用システム部 所属
現在, 自動制御システムの開発設計に従事