

# GPS 電波遮断時の車載側補完技術について

国土交通省国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室 松下 博 俊  
 同 同 同 平城 正 隆  
 同 同 同 上坂 克 巳

## 1. はじめに

近年、カーナビゲーションを初めとして GPS を利用した位置測位が非常に便利に活用されている。一般車両が対象であるカーナビゲーションでは、対象車両は常に道路上に存在していると仮定し、マップマッチング技術により、数mの精度でも十分機能を果たすことができる。しかし、除雪車・清掃作業車や建設工事車両では、(1)除雪車・清掃作業車では縁石やガードレールを傷つけないため、(2)工事車両では施工上の精度のために、20cm 程度のさらに高い精度が要求される。

最近の技術発展により、RTK-GPS を使うことで、20cm 精度の測位も可能である。しかし、GPS では少なくとも4機の衛星を同時に捕捉できなければ位置の特定ができない。都市部や山間部で稼働している車両では、ビルや樹木、車両同士の交差などで GPS 衛星電波が頻繁に遮断されてしまい、その間測位ができないことになる。

衛星の電波が遮断されているときにそれを補完する方法はいくつかある。大きく分けて地上用設備と車載側設備に分類される。本考察では車載側設備を対象を絞り、検討を行う。

対象とする車両についても、特に山間部で稼働している除雪車・清掃作業車や建設工事車両に絞る。さらに車両に搭載するということから、価格についての考慮も必要である。

ここでは、いくつかある車載側測位補完技術のなかから最適な方法の選択と、そこに求められるセンサの選択について、述べる。

## 2. 車載側測位補完技術

車載側測位補完技術において、以下の2つの方法がある。

- ・ 推測航法：車速計と方位ジャイロから走行距離と進行方向を求め、2次元相対位置を求める
- ・ 慣性航法：3次元ジャイロ・加速度計により運動力学的に3次元相対位置を求める

カーナビゲーションでは、マップマッチング技術を使うことができるため、この技術を推測航法とたくみに組み合わせて GPS 補完を行っている。しかし、推測航法で求められるのは2次元での相対位置であるため、高低差がある山間部には向いていない。本考察では、高低差のある山間部の作業車両および道路外で稼働している建設機械を対象とするため、マップマッチング技術を前提とした推測航法は適当ではない。

慣性航法では、3次元の相対位置の取得が可能であり、マップマッチング技術も必要としないので、道路外の地図がない領域でも適用が可能である。

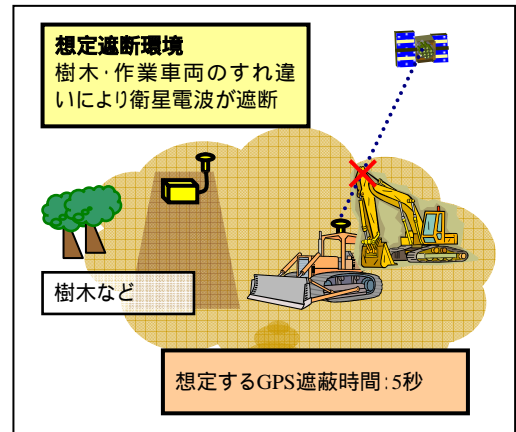
このために、ここでは慣性航法を選択する。

## 3. 3次元ジャイロ・加速度計の選定

### 3.1. 要求仕様

山間部での、GPS 遮断の要因としては、樹木による遮断、車両がお互いに交差することによる遮断の2つが考えられる。この際の遮断時間は、高々5秒と考えられる。したがって、要求仕様としては、GPS 電波が5秒間遮断された状態で、20cm の測位精度を保つということになる。

また、搭載するのは車両であるため、車両本体の価格(100万円-1,000万円)を考えると、3次元ジャイ



口・加速度計の価格は、最大でも 10 万円以下にすべきであるとする。

### 3.2. 求められるジャイロ・加速度計の性能

3.1 で設定した要求仕様を満たすための、ジャイロならびに加速度計の性能について検討する。慣性航法のみでの測位のシミュレーション結果を以下に示す。

表1 設定パラメータ

項目	性能
ジャイロバイアス[deg/h]	1
ジャイロスケールファクタ[ppm]	120
加速度計バイアス[ $\mu$ G]	400
加速度計スケールファクタ[ppm]	500

表2 慣性航法のみによるシミュレーション結果

(単位[m])	15 秒経過	30 秒経過	60 秒経過
平面誤差	0.56	2.39	6.56
高度誤差	0.45	1.89	7.49

この結果から、ジャイロバイアスが 1deg/h、加速度バイアスが 400  $\mu$ G という条件で、15 秒間で高さ誤差・高度誤差とも 0.5m 程度であるということがわかる。このため、GPS 遮断時間の最大値 5 秒であれば 20cm の精度を保つことが十分可能であると考えられる。

### 3.3. ジャイロの動向と選定

ジャイロはその測定方法について、以下の 3 種類に分類される。

表3 ジャイロの動作原理と性能

項番	方式名称	動作原理	性能	価格帯
1.	リングレーザ (ROG)	リング型光共振器内でレーザ光の Sagnac 効果を検出して角速度を測定する	高精度 (0.001 ~ 1deg/h)	高 (500 万-1000 万円超)/軸
2.	光ファイバ (FOG)	光ファイバにレーザを通して Sagnac 効果を検出する	中精度 (0.1 ~ 100deg/h)	中 (10 万-500 万円)/軸
3.	MEMS	振動子に加速度が加わると発生するコリオリ効果を検出する	低精度 (20 ~ 10000deg/h)	低 (1000-200 万円)/軸

リングレーザジャイロ・光ファイバジャイロは、性能は高い。しかし、対象が航空機や船舶であるため価格が高く、コスト面を考慮すると車両に使用することは適当ではない。また、これらのジャイロはその動作原理ならびにその構造から、これ以上の価格の低廉化は期待できない。

一方、MEMS ジャイロは、現在あまり精度は高くないが、今後のジャイロ構造の進歩により、高精度化(ドリフト性能: 1-10deg/h)が期待できる。Honeywell 社のロードマップによると、2006 年には 1 deg/h 以下を実現できると発表されている。したがって、数年後には要求性能を満たす製品が出荷されることが考えられる。MEMS は、シリコンの上にセンサや電子回路を形成するので、半導体バッチ成型による大量生産が可能であり、一層の低コスト化が期待できる。

### 3.4. 加速度計の動向

MEMS 加速度計のドリフト量は、1mG 以下であり、価格は 1 万円から 10 万円程度である。MEMS 加速度計も今後の半導体技術の向上により、高性能化並びに低コスト化が期待できる。したがって、こちらも近い将来、要求性能を満足する製品が出荷されることが考えられる。

## 4. 結論

山間部で稼働する除雪車・清掃作業車や建設工事車両では、高低差があるということとマップマッチング技術が使用できないということから、GPS 遮断時には慣性航法を適用する。この際のセンサは性能面・価格面を考慮し、MEMS ジャイロならびに MEMS 加速度計を採用する。

検討の結果、慣性航法ならびに MEMS ジャイロ・加速度計を用いた場合、GPS 電波が 5 秒間遮断された状態で、20cm の測位精度を保つことが可能であると考えられる。数年後には 10 万円以下の価格を期待できる。

以上