

除草ロボットの自己位置同定に用いる GPS レシーバ「ジェミニ」の評価

Evaluation of GPS Receiver "Gemini" Used for Self-position Identification of a Weeding Robot

高久浩之*, 大久保重範*, 及川一美*, 高橋達也*

Hiroyuki Takaku*, Shigenori Okubo*, Kazumi Oikawa*, Tatuya Takahashi*

*山形大学

*Yamagata University

キーワード： 除草ロボット (Weeding Robot), 自己位置同定 (Self-Position Identification)

連絡先： 〒992-0055 米沢市城南 4-3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 大久保研究室
高久浩之, Tel.: (0238)26-3245, Fax.: (0238)26-3245, E-mail: sokubo@yz.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

近年、マイコンの安価性、携帯電話の普及によるバッテリーや、カーナビゲーションによる GPS の高性能化等により移動ロボットのハードウェアは日々進歩している。その中でも、操作したり、あらかじめ経路を与えたりするのではなく、自律して行動する自律移動型ロボットに注目し、ゴルフ場などのような環境の整った領域ではなく、河川敷、事業所の敷地や団地 (家庭) 等のような草の種類も雑多で環境の整っていない場において、ある程度の除草が可能な除草ロボットの開発を目指している。

本研究では今回、除草ロボットが掃引作業を行う際、自己位置同定に使用する GPS レシーバ「ジェミニ」についての評価を様々な方法で行った。

2. 使用した GPS

2.1 仕様

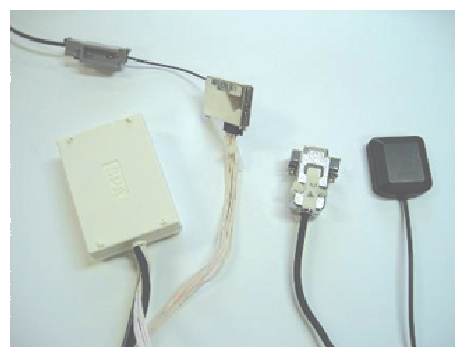


Fig. 1 GPS Receiver "Gemini" for inclusion

- 受信周波数：1575.42MHz ± 1MHz (L1 帯)
- 受信チャンネル数：並列受信 15 チャンネル
- 出力更新時間：1 秒
- 単独測位精度：10m(2DRMS,HDOP 1.5)

3. 中央値

GPS 受信機の受信データの評価やデータを使った計算等において、平均値をメインに考え使用していた。だが、平均値の場合測定データの中に一時的にでも大きな誤差が入った場合にその影響を受けてしまう。そのため、ここではその影響をあまり受けない中央値を求め平均値と比較し、その評価を行った。

3.1 使用データ

データは3時間固定測定を行ったものを使用する。Fig.2 は、3時間測定したデータの最大頻度値、平均値、中央値を求めたものである。

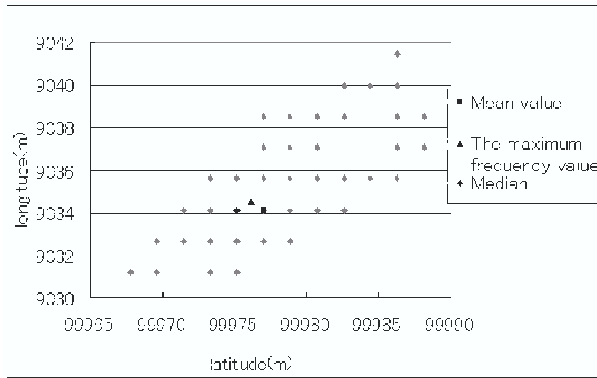


Fig. 2 Fixed point measurement graph

3.2 比較グラフ

Fig.2 と同じ3時間測定したデータを10分割し、そのデータの1~10割それぞれのデータ数での平均値と中央値をもとめ、その変動をグラフ化した。

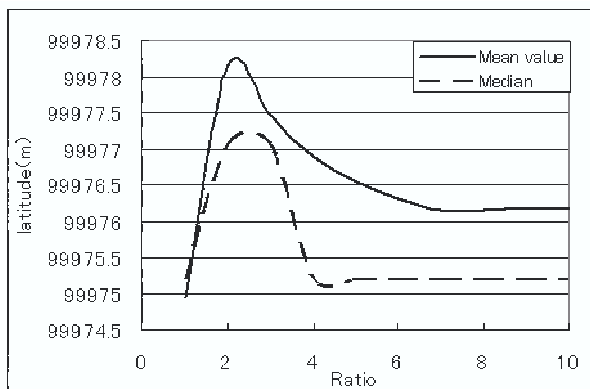


Fig. 3 Change graph of latitude

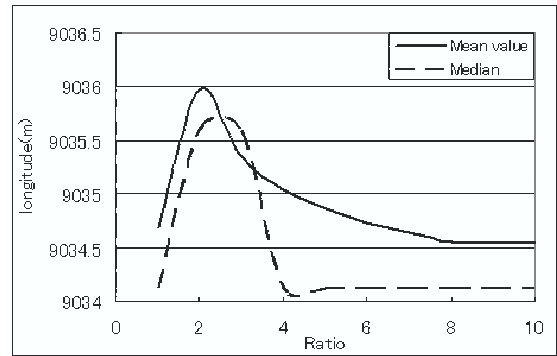


Fig. 4 Change graph of longitude

Fig.3,4 よりエラーそのものはGPS レシーバの性能である5m以内で収まってはいることがわかるが、平均値、中央値は共にほぼ同じ変動を示している。このことから、エラーが一定周期で同じように発生しているわけではなく、不定期に発生していると考えられるため、中央値の有効性は弱いと考えられる。

4. GPS レシーバの同期性確認実験

この実験では2台のGPS レシーバを使った測位精度の向上が出来るかを検討するために、GPS レシーバの同期性の確認を行った。

4.1 実験方法

障害物がなく、マルチパスの影響がほとんどない場所に二台のGPS レシーバ「ジェミニ」を隣接して設置し、3時間の固定測定をおこなった。

4.2 実験結果

以下に二台のGPS レシーバが計測した経緯度の差異の変動をグラフ化したものを示す。なお、Fig5 はケース1、Fig.6 ケースは2となっており、Fig.6 においては見易さのために緯度、経度を分けて表示している。

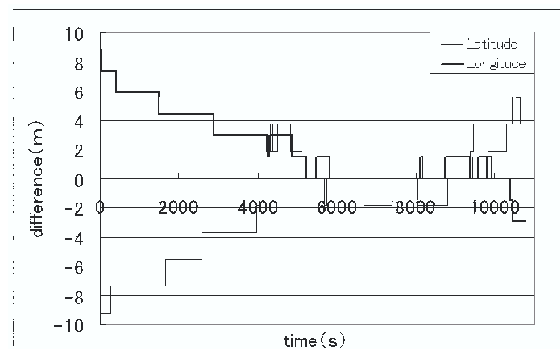


Fig. 5 Change graph of measurement difference

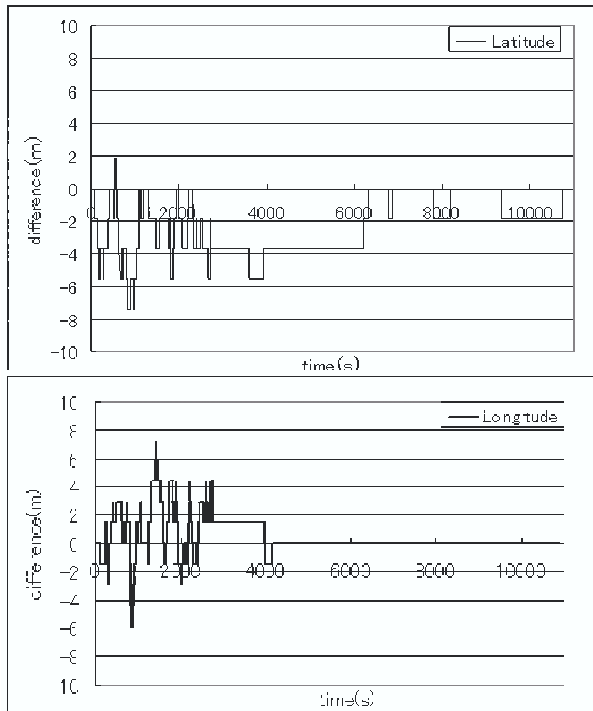


Fig. 6 Change graph of measurement difference

これらの結果から、Fig.5, Fig.6 のグラフの前半の測定差異変動が激しいのに対して Fig.6 では後半の変動が小さく、経度 (Longitude) に関しては測定差異がいことがわかる。だが、同じ GPS レシーバを使用した場合でもそれぞれのレシーバごとに別々の誤差が生じており、GPS の同期性を利用した精度の向上を図ることは難しいと考えられる。

5. 統計的推測

GPS レシーバを固定設置し 2 4 時間測定を行ったデータを使い、標本の値の変動を調べることで母集団としての GPS レシーバの性質、性能を推測していく。

5.1 推定誤差範囲

GPS レシーバで随時取得される測位データが母集団と考えた時、取得される経緯度が確率変数 X と考えられる。一般にこの確率変数 X が正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ に従う時、次のことが成り立つ。

$$P(\mu - 1.96\sigma \leq X \leq \mu + 1.96\sigma) = 0.95 \quad (1)$$

ここで、 μ とは母集団の平均値、 σ は母集団の標準偏差となる。式 (1) から標準偏差 σ がわかれば GPS レ

シーバの信頼度 95% での測定値の存在する区間が分かることになる。だが、母集団の標準偏差 σ は母集団が測定を続ける限り無限にデータが存在し、求めることが出来ないため、2 4 時間測定したデータの標本標準偏差を求め母標準偏差の代用 $\hat{\sigma}$ とする。緯度、経度それぞれの標準偏差 $\hat{\sigma}_{la}, \hat{\sigma}_{lo}$ はそれぞれ以下のよう求められる。

$$\hat{\sigma}_{la} = 2.42 \quad (2)$$

$$\hat{\sigma}_{lo} = 0.96 \quad (3)$$

よって、(1) 式よりそれぞれ緯度、経度の 95% の信頼区間は次のようになり、

$$P(\mu - 1.96\hat{\sigma}_{la} \leq X \leq \mu + 1.96\hat{\sigma}_{la}) = 0.95 \quad (4)$$

$$P(\mu - 1.96\hat{\sigma}_{lo} \leq X \leq \mu + 1.96\hat{\sigma}_{lo}) = 0.95 \quad (5)$$

(4)(5) 式に (2)、(3) 式の値を代入することで次のよう求められる。

$$P(\mu - 4.74 \leq X \leq \mu + 4.74) = 0.95 \quad (6)$$

$$P(\mu - 1.88 \leq X \leq \mu + 1.88) = 0.95 \quad (7)$$

このことから、GPS レシーバの測定誤差の変動は緯度で $\pm 4.74\text{m}$ 、経度方向で $\pm 1.88\text{m}$ の範囲で起こる可能性が高いということが推測できる。この結果から、掃引作業を行うシミュレーションにおいて、ロボットの自己位置の値にこの範囲での測定誤差を与えることによって、より GPS レシーバが受ける誤差と同じ物を与えることが出来ると考えられる。ただし、ここで与えられるのは測定誤差のおこる範囲の推測のみであり、どのような誤差の起こり方があるのかは考慮されていない。

6. 移動測定実験

GPS レシーバの性能を見るために、実際に移動しながらの測定実験を行った。

6.1 実験方法

実験は障害物によるマルチパスの影響の少ない開けた場所で行い、GPS レシーバで測位を行いながら 100m 四方の正方形を描くように移動して測定する。

6.2 測定結果

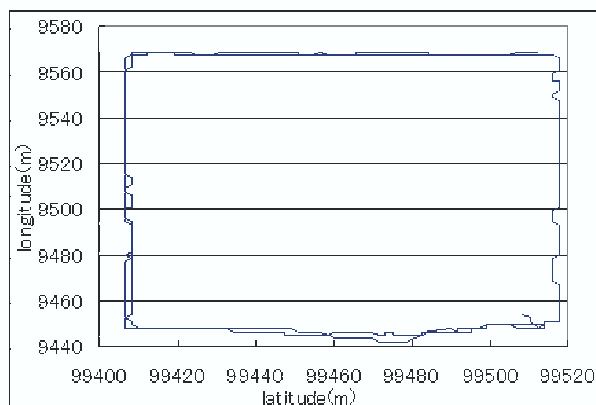


Fig. 7 Movement measurement graph A

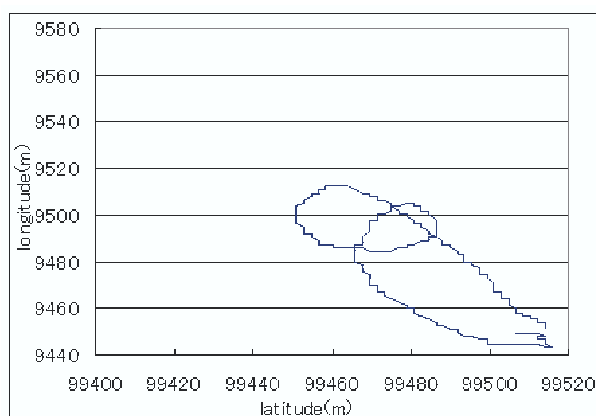


Fig. 8 Movement measurement graph B

Fig.7,8 は同一 GPS レシーバ、同一計測経路で測定した一回目、二回目の結果だが、Fig.7 がほぼ径路と同じ軌跡を描いたのに対し、Fig.8 は形だけではなく距離的にも大きな誤差が出ていることが分かる。同一条件であったにもかかわらずこの結果が出たことから次のことが考えられる。

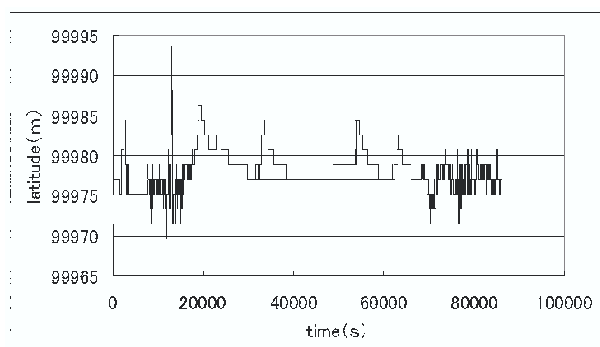


Fig. 9 Measurement latitude graph for 24 hours

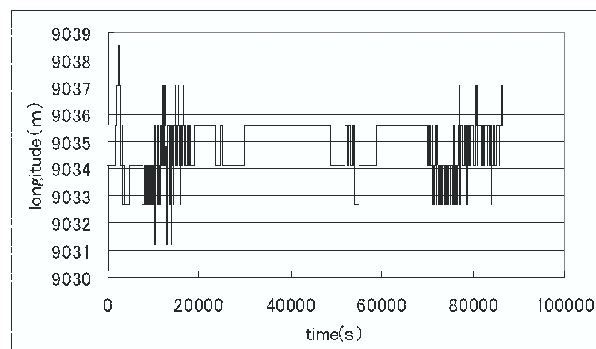


Fig. 10 Measurement latitude graph for 24 hours

これは固定設置した GPS レシーバで 24 時間の測定を行ったデータである。時間経過による緯度と経度の変動グラフを見たとき、時間帯によってエラーの出方が違うことが分かる。Fig.8 の結果はこの大きな誤差変動が起こっているタイミングで測定を行い、その影響を大きく受けたためであると考えられる。このことから、GPS を使って実際にロボットの自己位置同定を行うと考えた時、GPS の測位精度から自己位置特定の精度を向上させるだけでなく、そのタイミングに入った際にどのように対処をしていくのかを考えていかなければならない。

7. 結言

本稿では GPS レシーバ「ジェミニ」について行った実験とその評価について述べた。今後は今回の評価によって手に入れたデータや考察を下に、掃引作業シミュレーションのロボットの自己位置にエラーを加え、その場合の掃引作業に及ぼす影響とその解決法を考えていく。

参考文献

- 1) 山崎 圭次郎, 有馬 哲, 片山 考次 (編著): 確率・統計入門 順列・組み合わせから推測まで, 128/131, 実教出版 (2001)
- 2) 白石 修二 (著): Excel 統計入門, 78/84, 森北出版 (2003)