

移動経路の確率的再現手法に関する予備的検討

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○内田 希望

木更津工業高等専門学校 正会員 島崎 彦人

1. はじめに

全地球航法衛星システム (Global Navigation Satellite Systems ; GNSS)¹⁾ の普及により, 移動する対象物の位置を, 広範囲にわたって追跡することが可能となってきた. GNSS を用いて移動追跡を行う場合, 移動体に装着した受信機にて航法衛星からの信号を受信し, その受信信号に基づいて受信機の位置を計算する. 測位結果は, 通常, 受信機内蔵のデータロガーに記録される. そのため, 移動経路を把握するためには, 移動体からデータロガーを回収するための作業や測位データを無線通信などにより収集するための仕組みが必要となる.

広範囲かつ長期間に及ぶ移動を追跡する手段として, GNSS の他に, ARGOS システム²⁾ と呼ばれるデータ処理体系も幅広く応用されている. このシステムは, Platform Transmitter Terminal (PTT) と呼ばれる小型の送信機を対象物に装着し, PTT から発信される信号に基づいて, 移動体の位置を推定する. 位置の推定計算は, 地上にある情報処理センターにて行われ, その結果は, インターネット経由で, 随時, 利用者に提供される. そのため, 移動体に装着した機材を回収することなく, 遠隔地にいる移動体の位置を知ることができる. この点が, GNSS との大きな違いあり, ARGOS システムを利用するうえでの特長と言える. ただし, 測位の精度と頻度の点において, GNSS のほうが勝っている.

最近では, GNSS による測位結果を, ARGOS システムを介して転送する仕組みも考案されている³⁾. これにより, 測位の精度と頻度が向上すると期待されるが, 得られるデータは, 連続的な移動経路を何らかの時間間隔でサンプリングしたものであることには変わりはない. 移動体が, いつ, どこにいたのかを過不足無く把握しようとすれば, 対象物の移動

特性を考慮した完璧な観測計画と, 意図した通りの精度と頻度で確実に測位できる計測技術が必要となる. しかし, これは, 計画立案のための調査や計測技術の開発にかかる時間と費用の制約から, 必ずしも現実的な方策とは言えない.

本研究では, 連続的な移動経路に沿ってサンプリングされた離散的な位置データから, 元の連続的な移動経路を確率的に再現する手法について検討する. ここでは, 特に, 地球規模で移動し, 高病原性鳥インフルエンザウィルスの宿主である可能性が指摘されている, 渡り鳥の移動追跡データへの適用を念頭に置いた, 予備的な検討結果について報告する.

2. 方法

ある 2 つの時点 t_1 および t_2 における移動体の位置を, それぞれが位置 $L(t_1)$ および $L(t_2)$ と表記する. ここで, 位置 $L(t_1)$ および $L(t_2)$ は, 測地系 WGS84 に準拠した測地座標, すなわち, 経度 ϕ と緯度 λ の組合せで与えられるものとする. また, 位置 $L(t_1)$ から $L(t_2)$ への移動速度 v_{12} は, あらかじめ仮定できるものとする. これらを前提として, 以下のように検討を行った.

2-1. 任意時点における存在範囲

2 つの時点 t_1 および t_2 の間の任意時点 t' において, 移動体が存在しうる範囲 $L(t')$ は, 位置 $L(t_1)$ から, $t'-t_1$ の時間で到達可能な範囲と, 位置 $L(t_2)$ へ, t_2-t' の時間で到達可能な範囲の論理積の範囲となる (Fig-1A). こうした範囲を求めるためには, 適切な移動速度 v_{12} をあらかじめ仮定する必要がある. ここでは, 位置 $L(t_1)$ および $L(t_2)$ の距離 d_{12} を, 経過時間 t_2-t_1 で除して得られる値に, 適当なスケール係数 α (>1.0) を乗じた値を移動速度 v_{12} とした.

位置 $L(t_1)$ および $L(t_2)$ は, 測地座標で与えられるた

キーワード 移動経路, 位置データ, 測位データ

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津工業高等専門学校 TEL 0438-30-4000

E-mail : uchida.nozomi@gmail.com

め、距離 d_{12} は、Vincenty の公式⁴⁾ で計算される測地線距離とした。より簡便な球面三角法⁵⁾ で計算できる大圏距離を距離 d_{12} とすることも検討したが、大圏距離と測地線距離の差が無視できないほど大きくなる危険性を考慮し、準拠楕円体に沿った最短距離である測地線距離によって、距離 d_{12} を定義することとした。

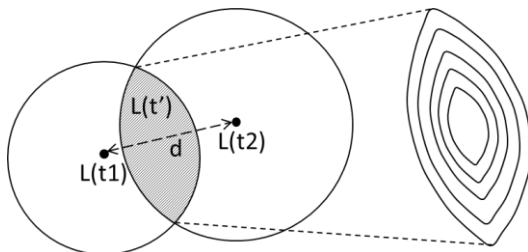


Fig-1A 存在範囲の概念図

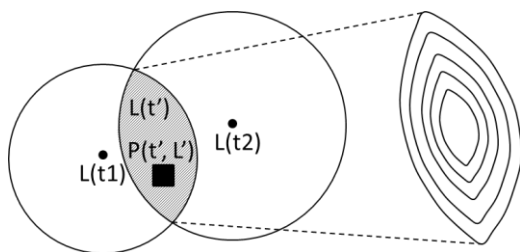


Fig-1B 存在確率の概念図

2-2. 任意時点と任意場所での存在確率

任意時点 t' における移動体の存在範囲 $L(t')$ が得られたとき、これとは別に、任意の範囲 L' を指定する。このとき、移動体が、任意時点 t' において、任意範囲 L' に存在した確率 $P(t', L')$ を、次式で計算した。

$$P(t', L') = \sum_{i=1}^m \frac{p_i}{a_i} b_i \quad (1)$$

ここで、 m は、 m 種類のスケール係数 α_i ($i=1,2,3,\dots,m$) を用いて、 m 種類の移動速度を想定計算したことを意味している。 p_i は i 番目の移動速度で移動する確率であり、 $p_i = 1/m$ とした。 a は $L(t')$ の面積、 b は $L(t')$ と L' の重なり合う部分の面積である。

3. 結果と考察

渡り鳥 4 個体の移動追跡データを利用して、大圏距離と測地線距離の比較を行った結果 (Fig-2)、80% 以上の割合で、距離の差は約 300 メートル以下となった。しかし、大圏距離のほうが、最大で約 1km 過大評価となった。この値は ARGOS システムの測位精度を考慮した時に無視できない大きさである。そ

こで、距離 d_{12} は測地線距離によって定義することが妥当であると判断した。

存在範囲と存在確率の計算方法についての予備的な検討を行った。今後は、実際の移動追跡データに適用できるよう、プログラムの実装を行いたい。

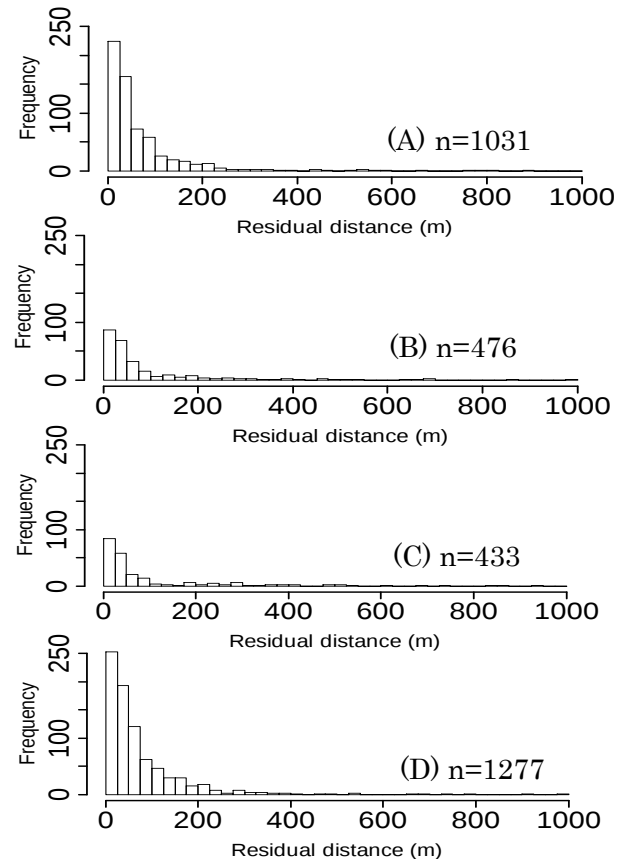


Fig-2 大圏距離と測地線距離の差

参考文献

- 1) 土屋淳, 辻宏道 (2008) GNSS 測量の基礎. 日本測量協会.
- 2) ARGOS (2008) ARGOS User's Manual. 50pp. CLS/Service Argos, Maryland.
- 3) Kenward, R. E. (2001) Historical and Practical Perspectives. In "Radio Tracking and Animal Populations" (eds. Millspaugh, J. J. and Marzluff, J. M.), pp3-12. Academic Press, San Diego.
- 4) Vincenty, T. (1975) Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations. Survey Review 22: 88-93.
- 5) 腰塚武志 (1993) 計算幾何学と地理情報処理. 共立出版.