

2019年9月15-18日 日本哺乳類学会2019年度大会

動物移動軌跡の時間軸分析 3

–軌跡分割手法の開発–

Timeline Analysis of Animal Tracks III

–Development of **Segmentation Method**–

平川 浩文

(森林総合研究所 北海道支所)

岡 杏奈

(信州大学 大学院総合理工学研究科)

瀧井 暁子・泉山 茂之

(信州大学 山岳科学研究所)

村松 大輔

(京大WRC/JST/JICA, SATREPS/奈教自然セ)

Marcelo Gordo

(UFAM/Brazil)

要旨

時空間密度法（2年前に当学会で発表）に基づく移動軌跡の分割手法を開発した。本手法により動物の複雑な動きの把握が容易になった。

ナマケモノでは雲霧のようなデータで休息期間と移動期間との分離に成功した。

（ナマケモノではデータノイズが本体の動きより遥かに大きいため、雲霧のようなデータとなる）

ニホンジカでは出産期メスの特徴的な移動様式を明らかにできた。

（岡杏奈らによるポスター発表を参照）

GPSデータについて、陸の動物では行動圏分析、海と空の動物では軌跡分析、が多く行われてきた。この背景には、陸の動物の動きは海空の動物より遥かに複雑なことがある。

軌跡分析はこれまでさまざまな手法が提案され、ここ数年相次いでレビューが出るなど関心の高まりがある。しかし、現状は混沌状態、収束の方向は見えていない。

従来手法はベイズ推定、ランダムウォークモデル、状態空間モデル、マルコフモデル、フラクタル次元、ウェーブレット分析などを用いた数学的に高度なものが多い。その多くは抽象的で、現場の研究者にとって難解、分析の実行にもハードルがある。

開発した手法はエクセルで実行可。動物の動きを時間軸グラフ上で視覚的に把握しながら対話的に軌跡分割を行い、結果をすぐGoogle Earth上で確認できる。このため、動物の時空間的な動きの感覚的な把握が容易で、探索的データ解析に大いに有用と考える。

時空間密度法とは

時空間密度とは

各測位点について、

一定期間内にある測位点の内、

一定距離内にある測位点

の割合。

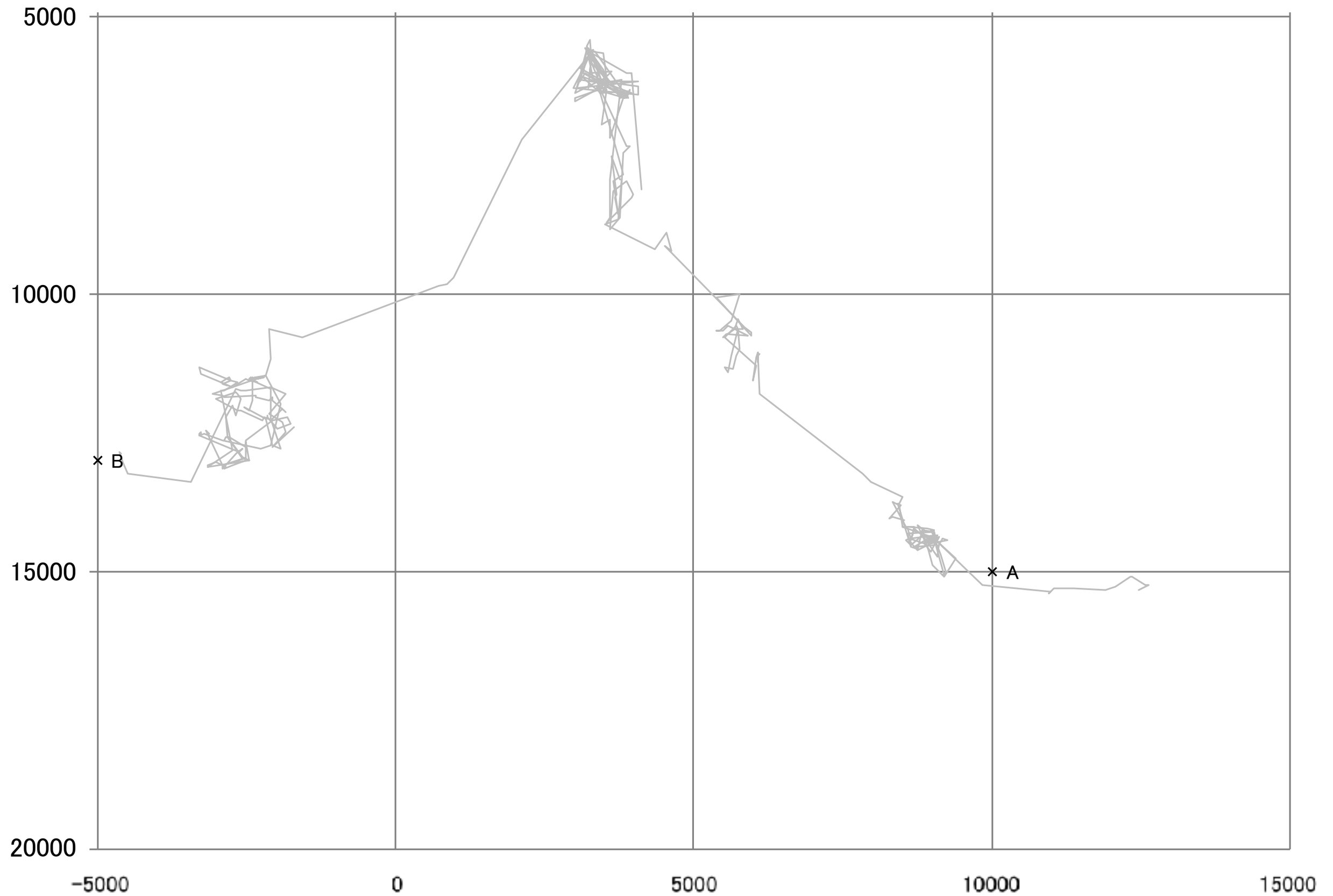
時空間密度図とは

これを前後の期間に分けて計算、

時間軸グラフ上に正負に分けて視覚化し

たもの。

軌跡図 (原図)

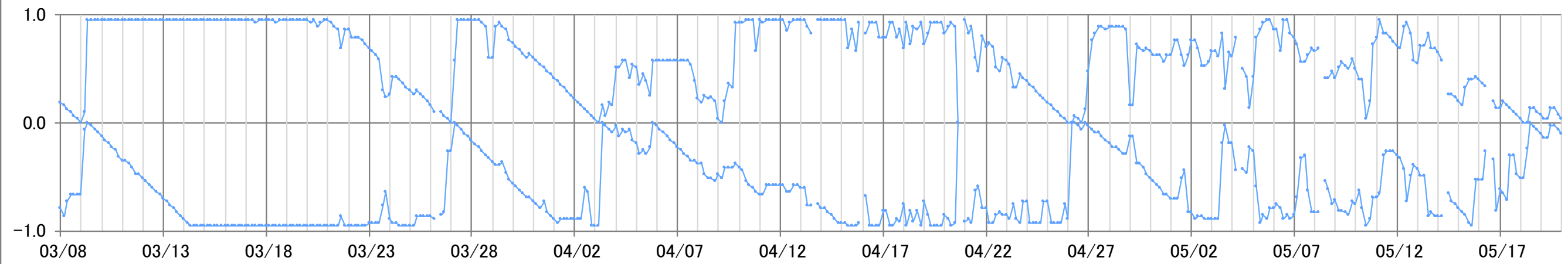


時空間密度法：解説

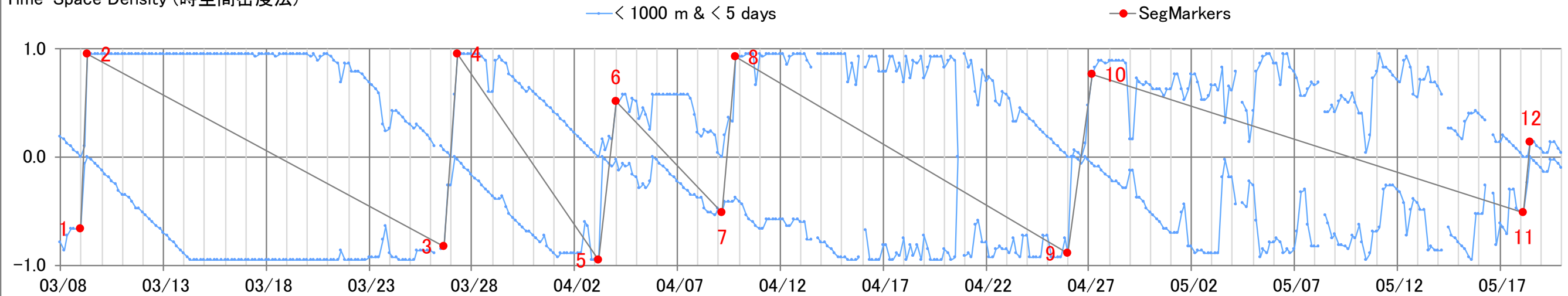
時空間密度図の基本形

評価期間：前後各5日間

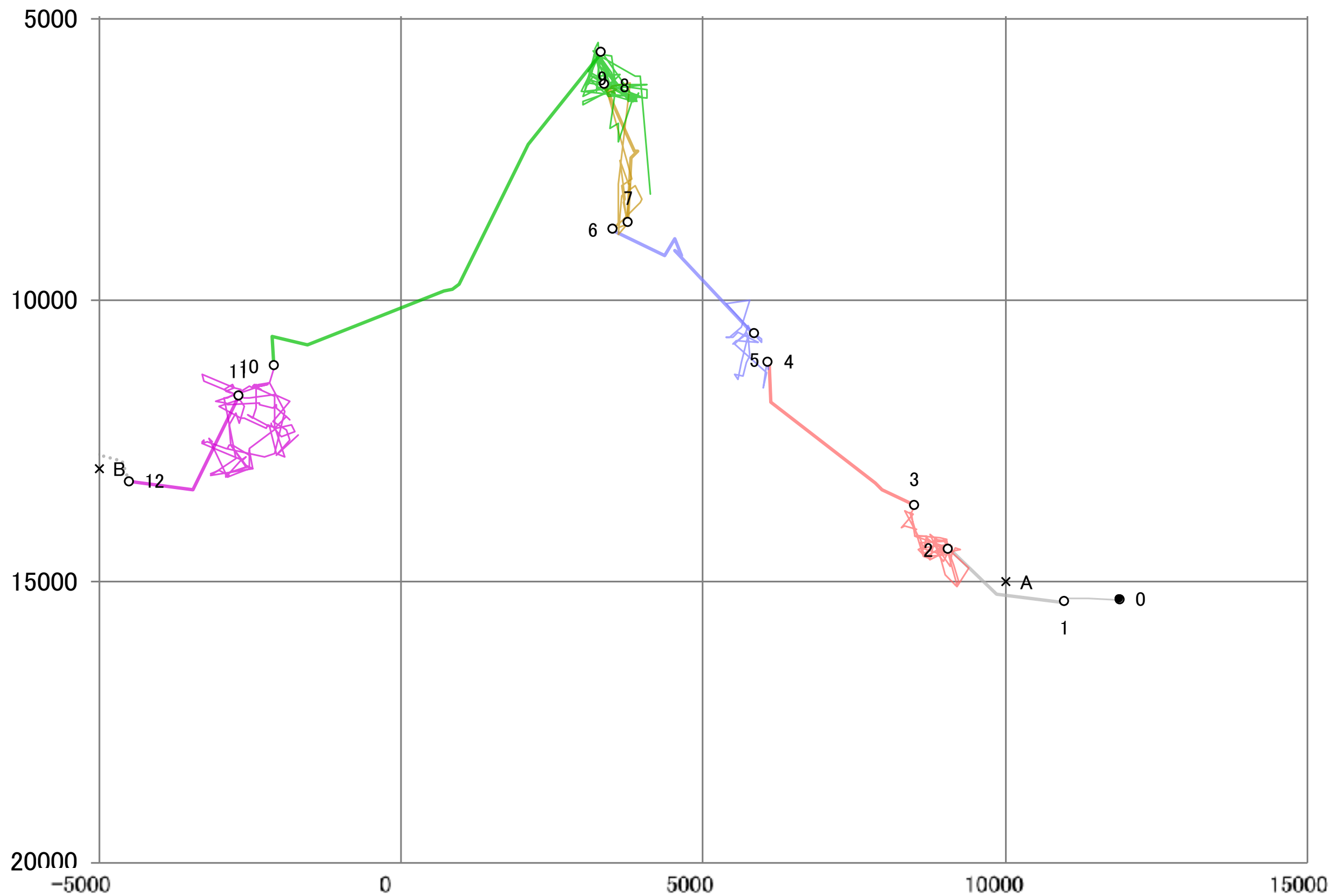
評価距離：— 1000 m



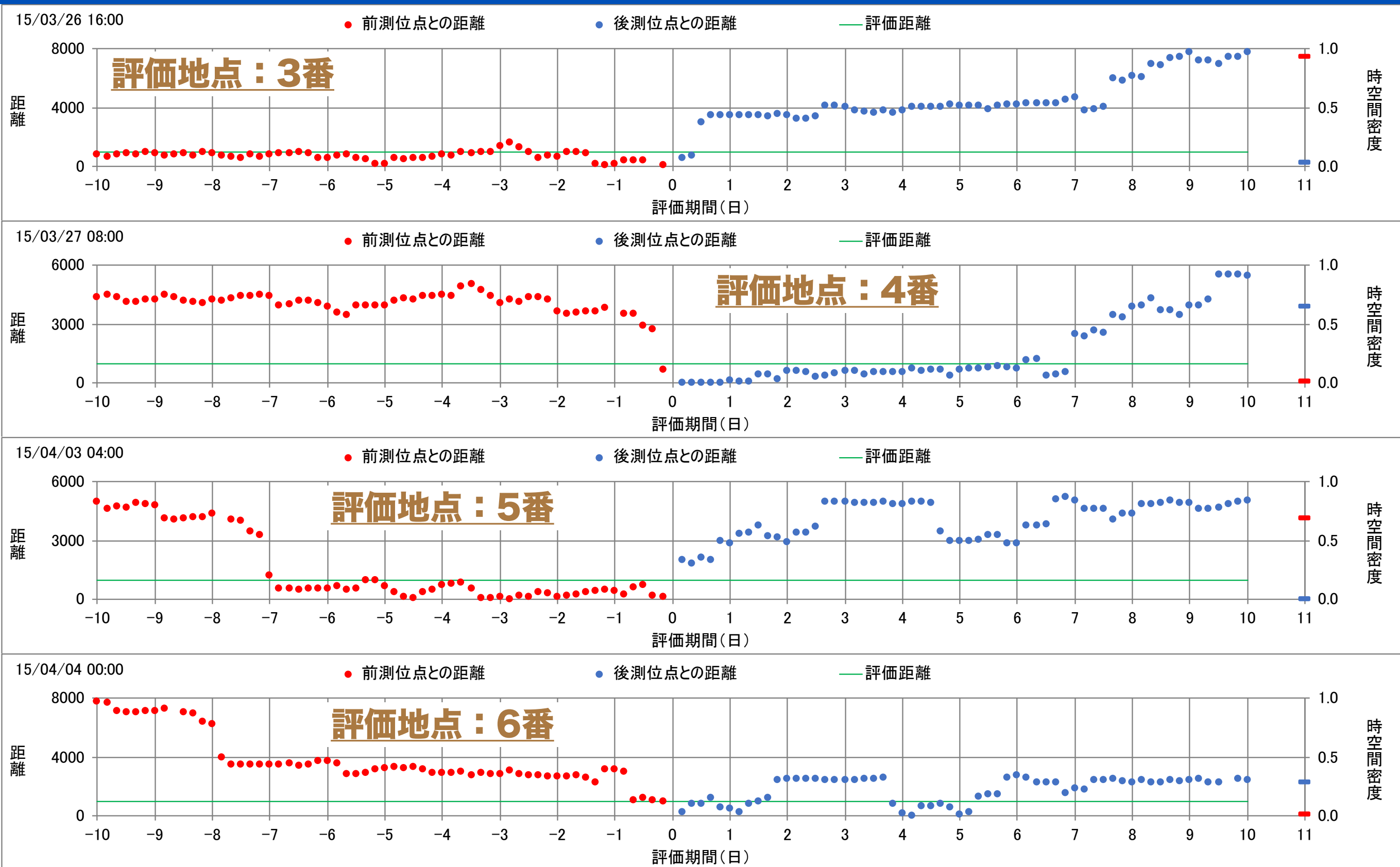
Time-Space Density (時空間密度法)



軌跡図 (分割後)



時空間密度の構造



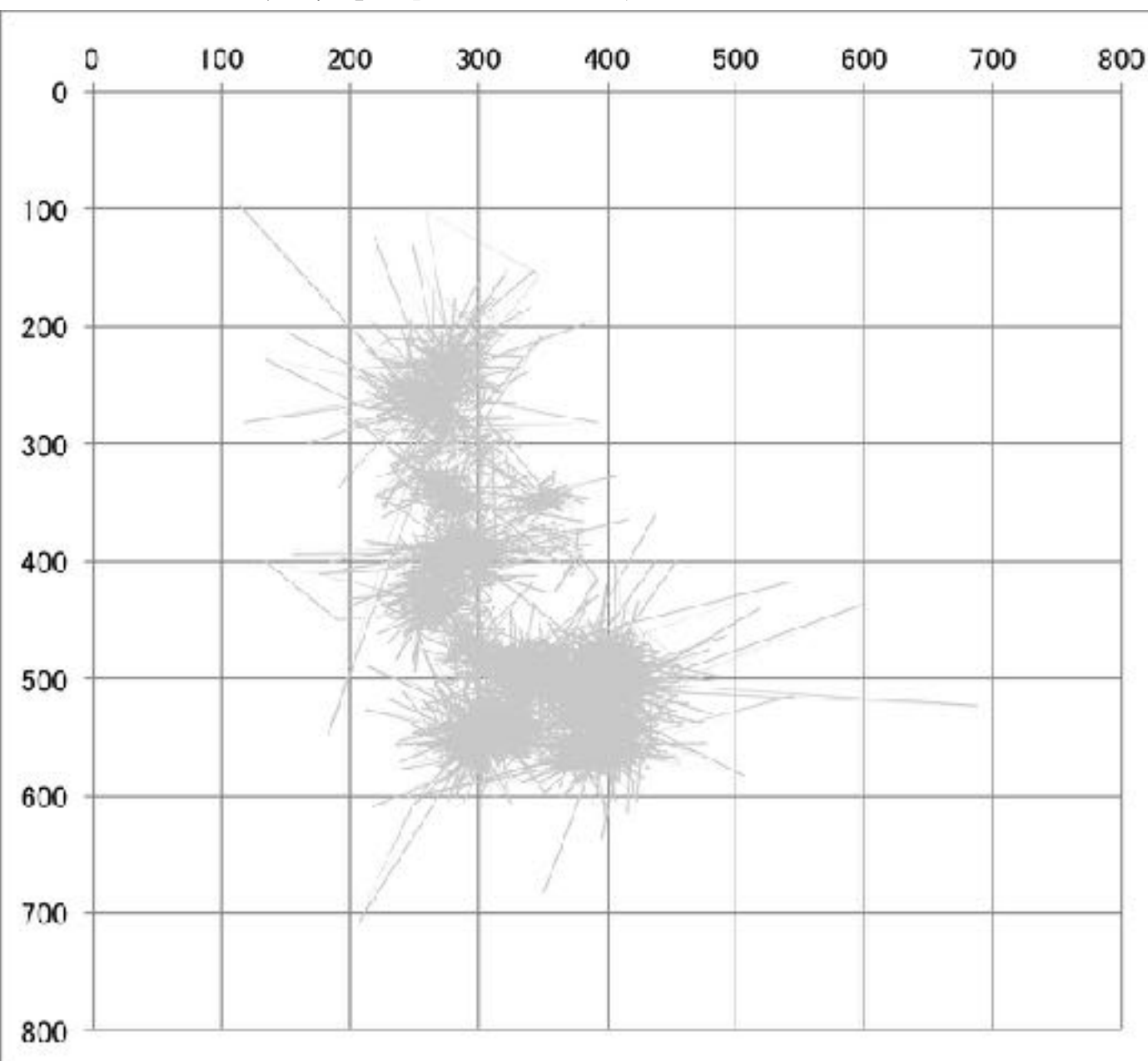
ナマケモノ：データ初期処理

元測位数：9763

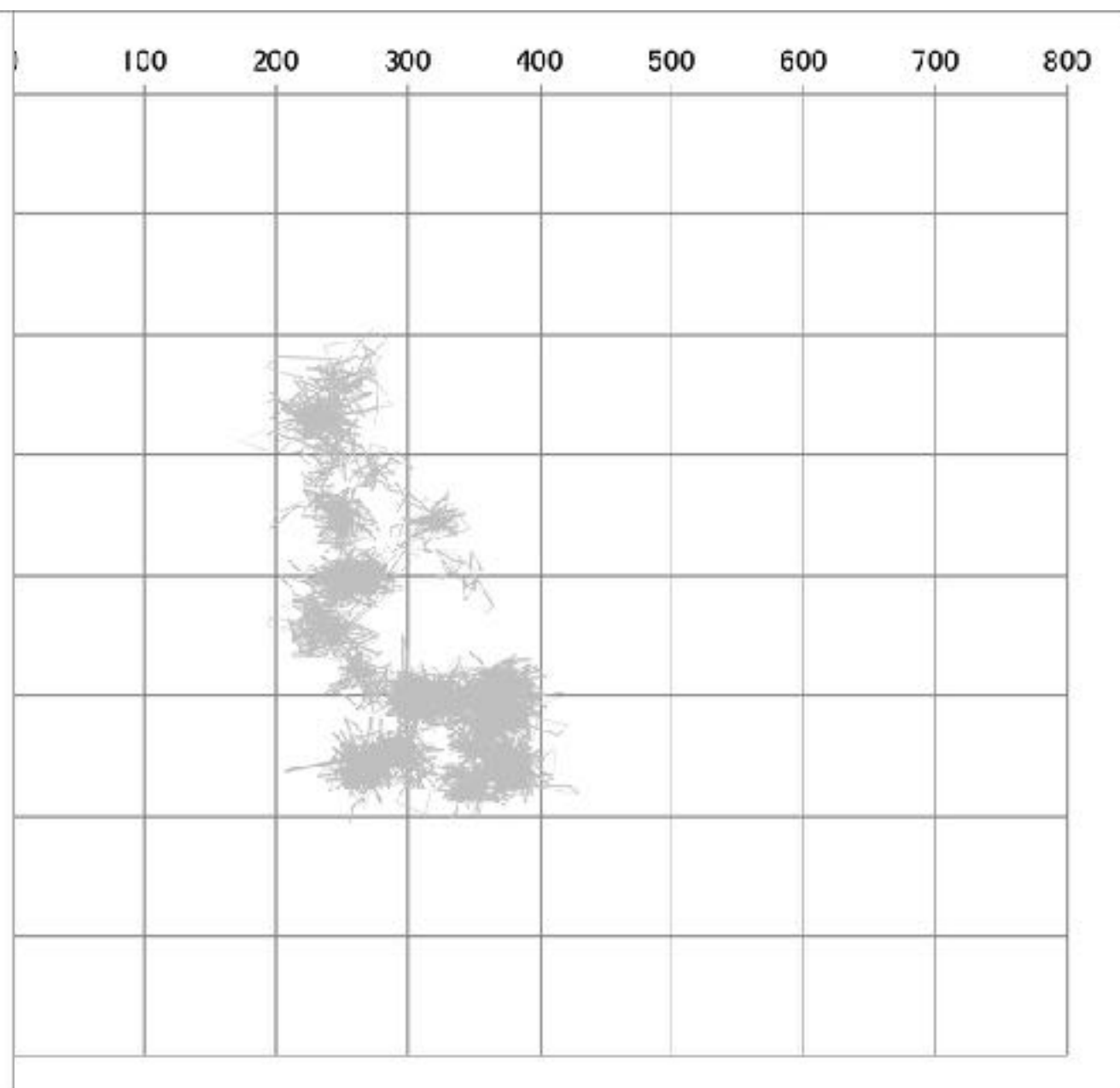
標高異常値除去数：-15

地点異常値除去数：0

突出点除去数：-1748

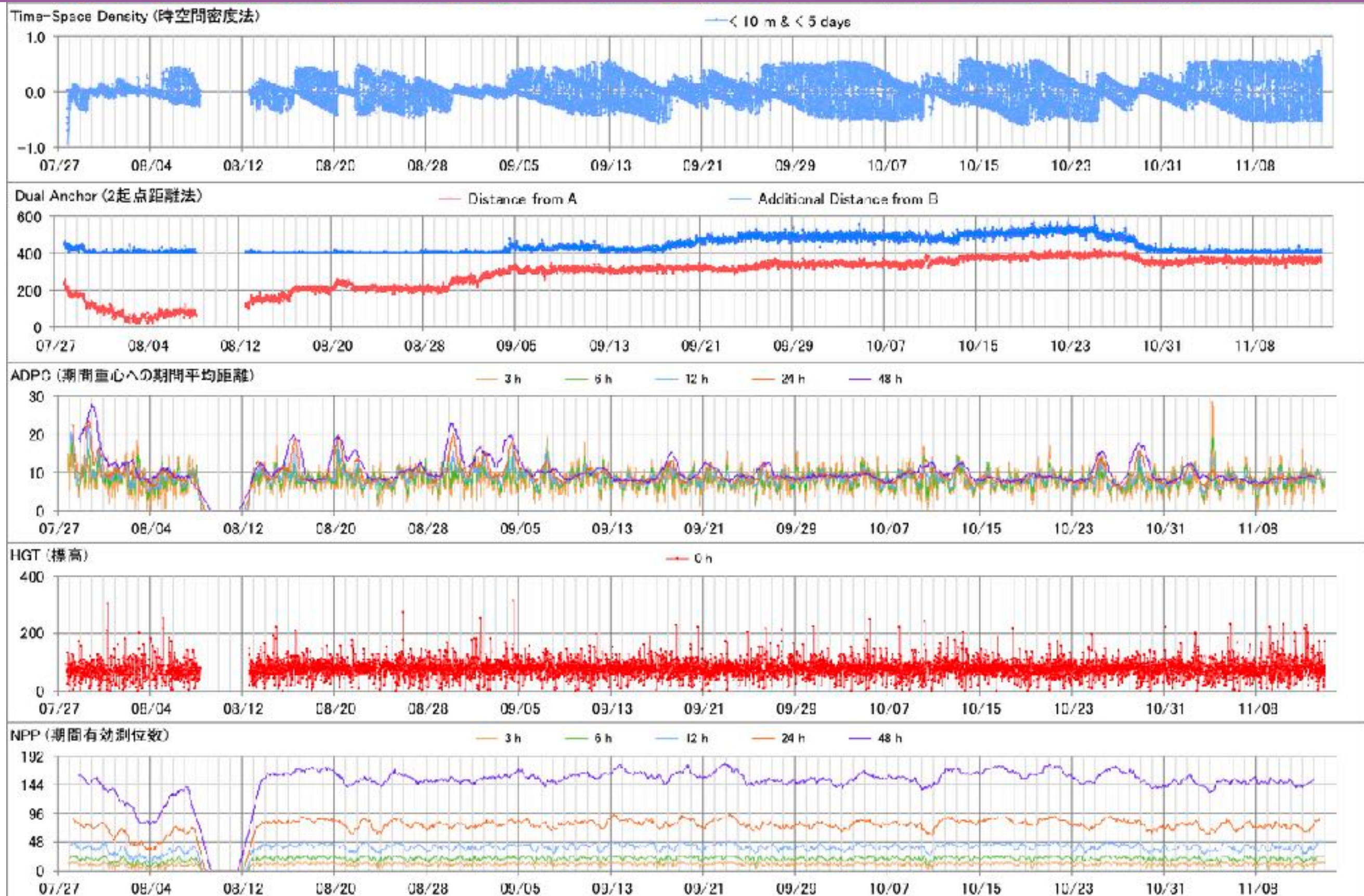


測位数：9748



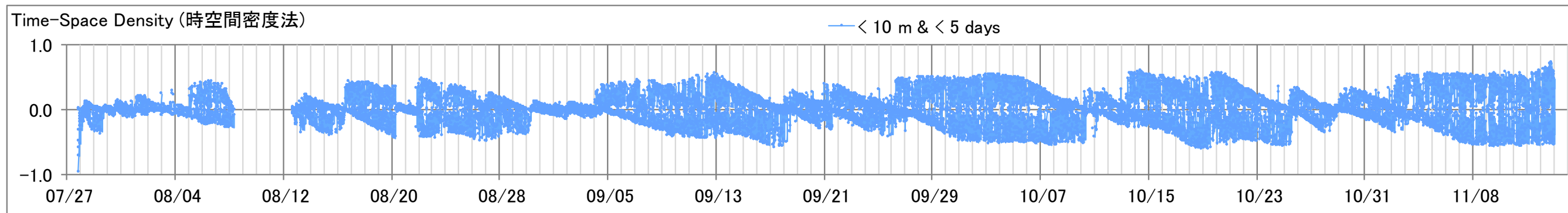
測位数：8000

ナマケモノ：時間軸図

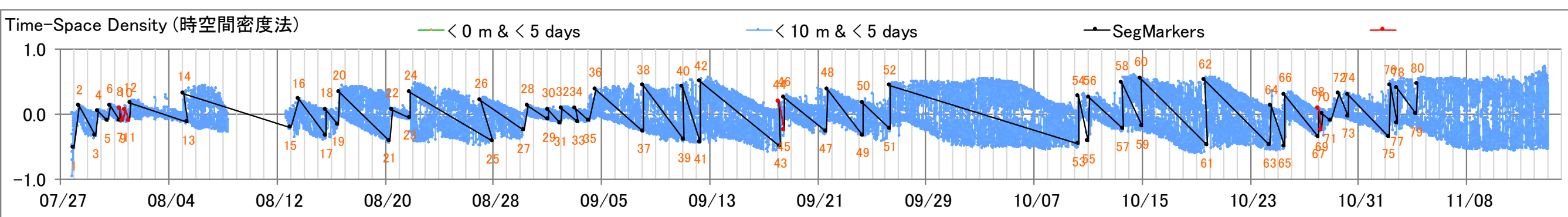


ナマケモノ：期間分割

時空間密度図

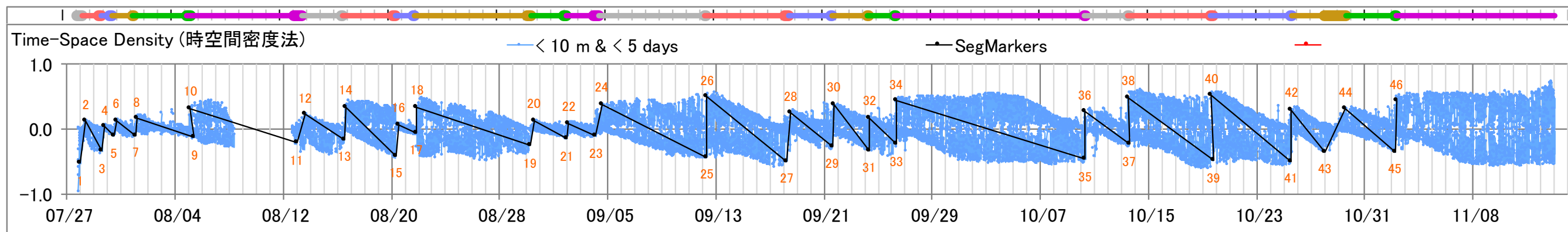


分割候補表示（自動）無用分割を番号指定で対話的に削除

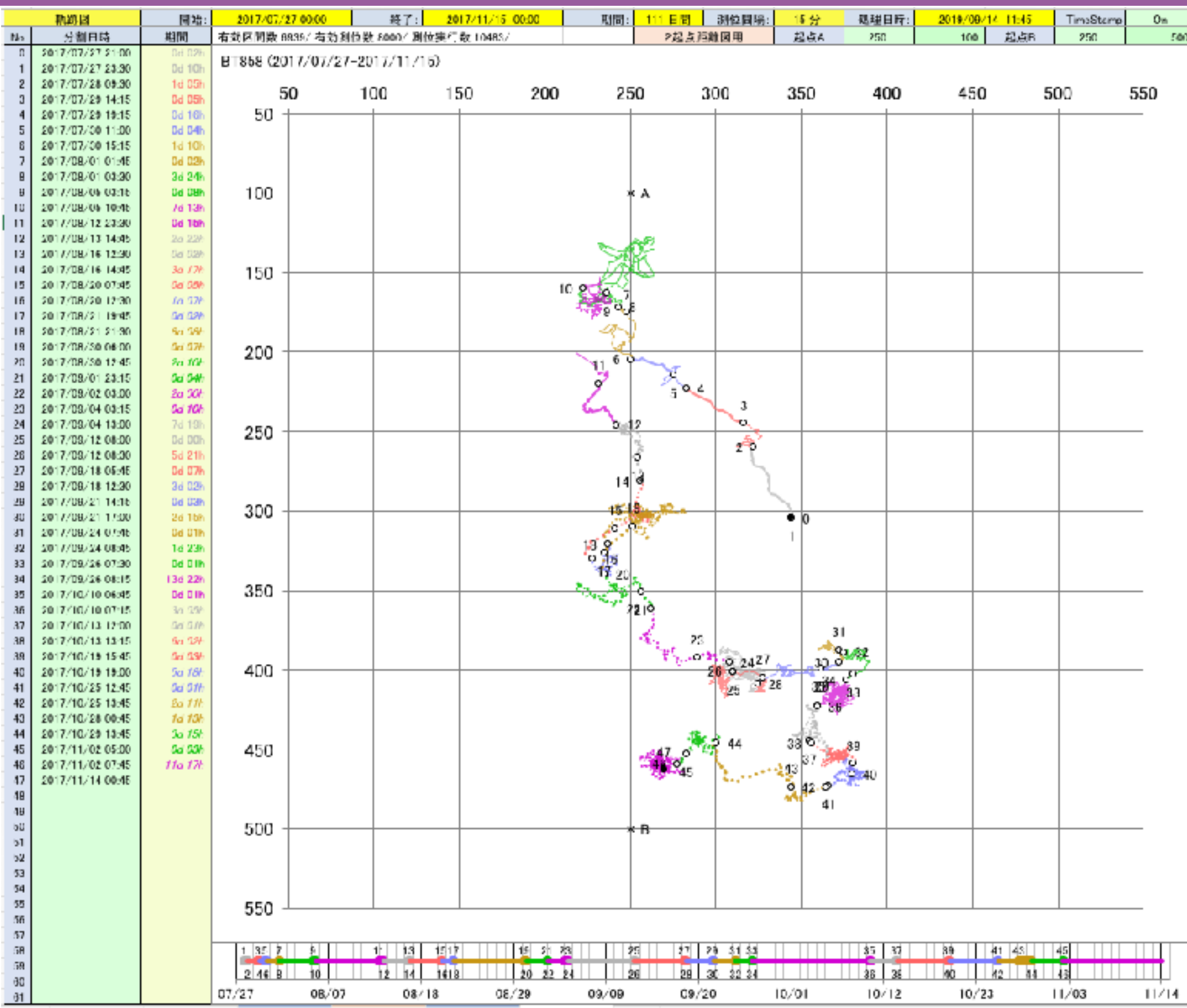


分割確定（削除後）

確定後は色帯図を作成



ナマケモノ：軌跡を分割・色分け



個体：BT858
 期間：111日間
 2017/07/27-
 2017/11/15
 測位間隔：15分

ナマケモノ：kmlでGEに表示

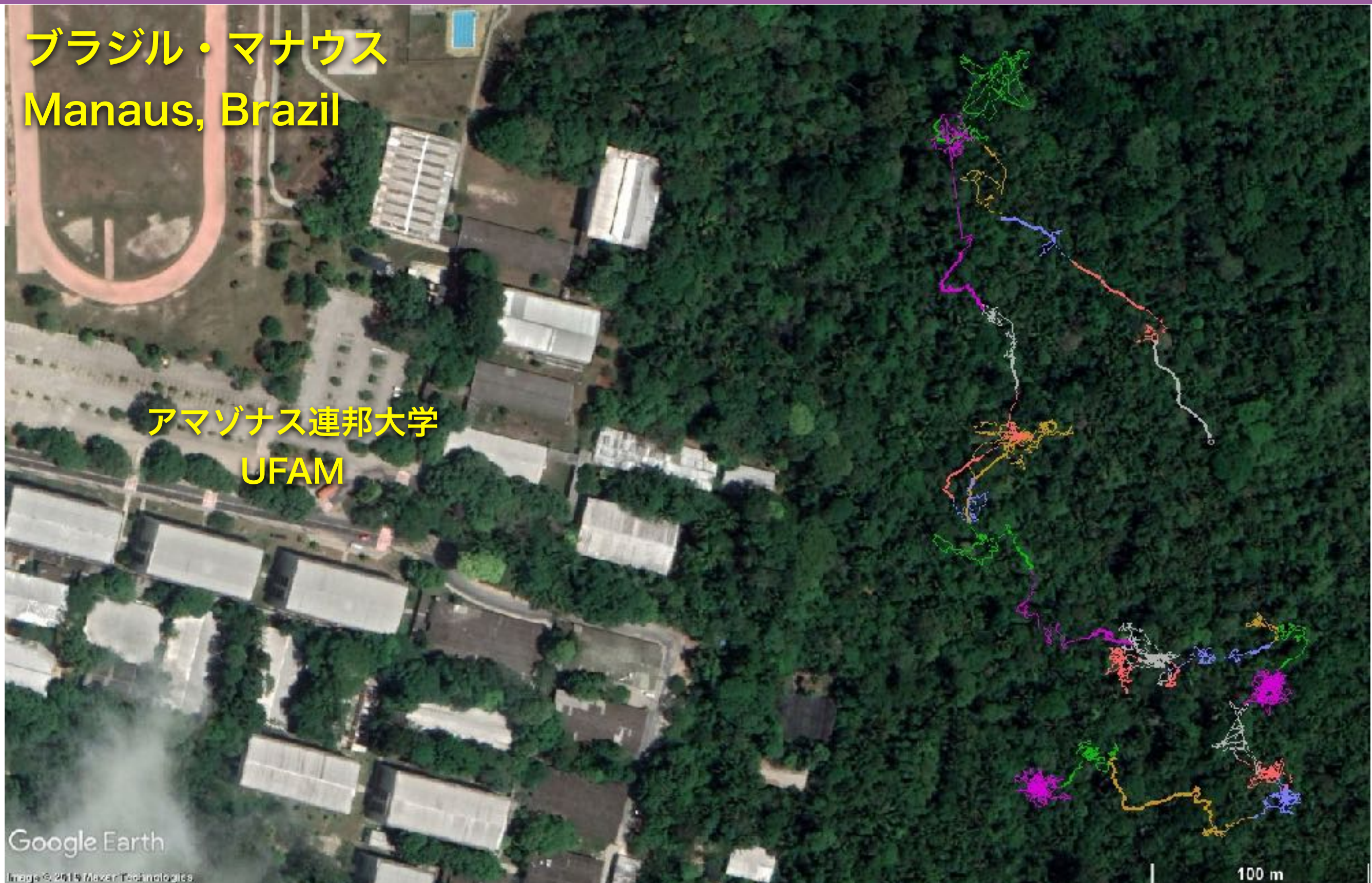
ブラジル・マナウス
Manaus, Brazil

アマゾナス連邦大学
UFAM

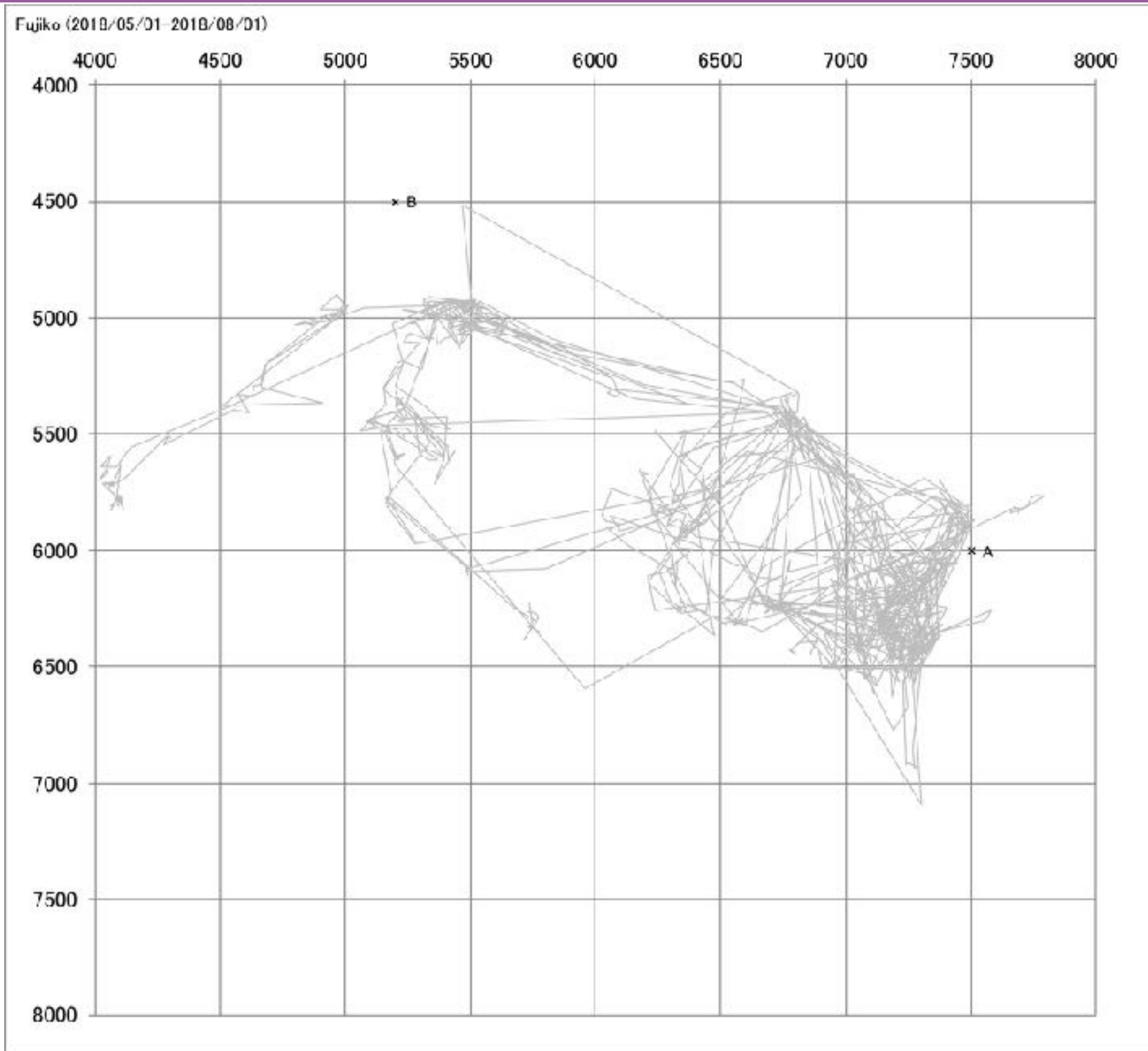
Google Earth

Image © 2014 Maxar Technologies

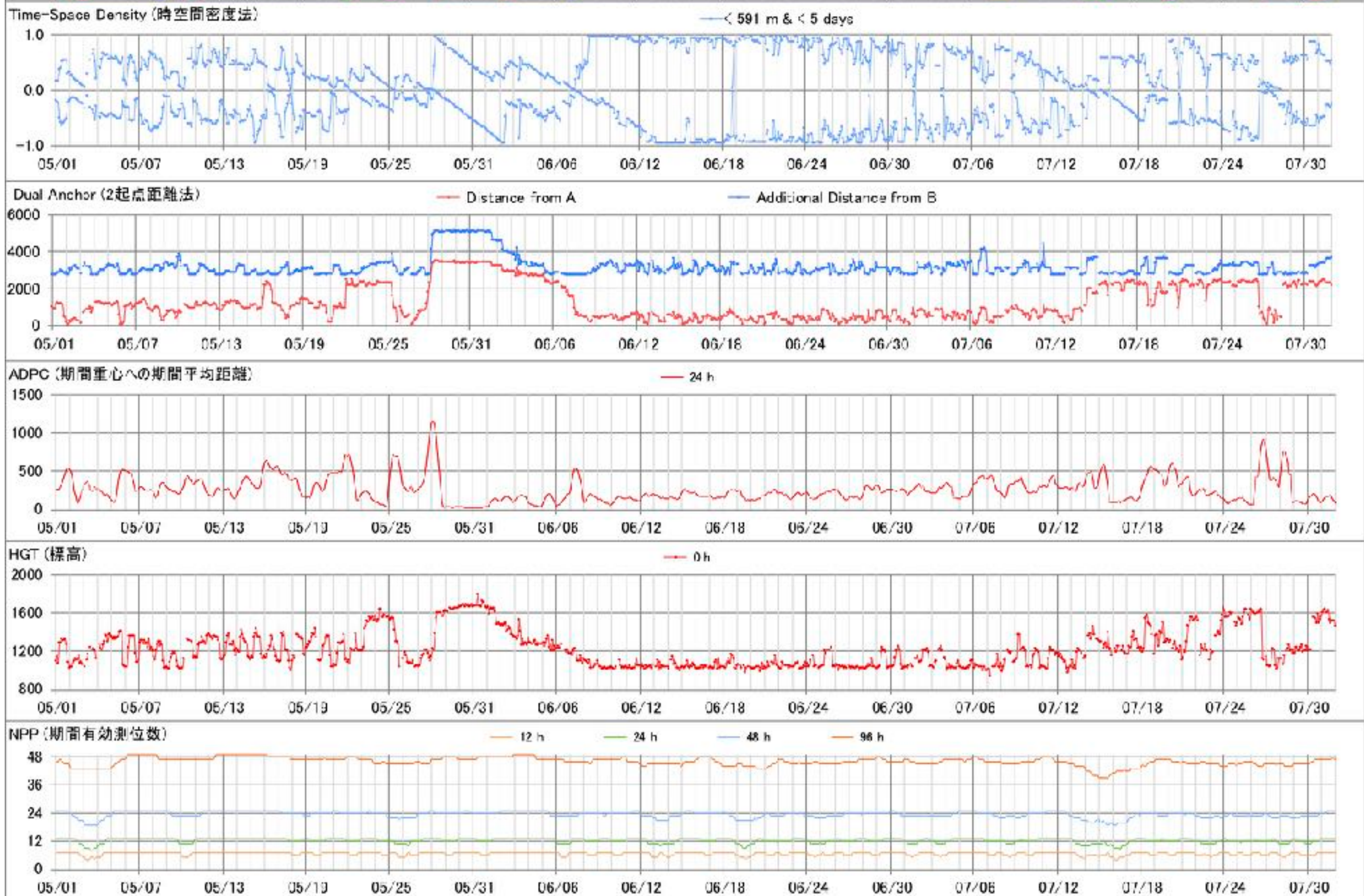
100 m



ニホンジカ♀：軌跡(処理前)

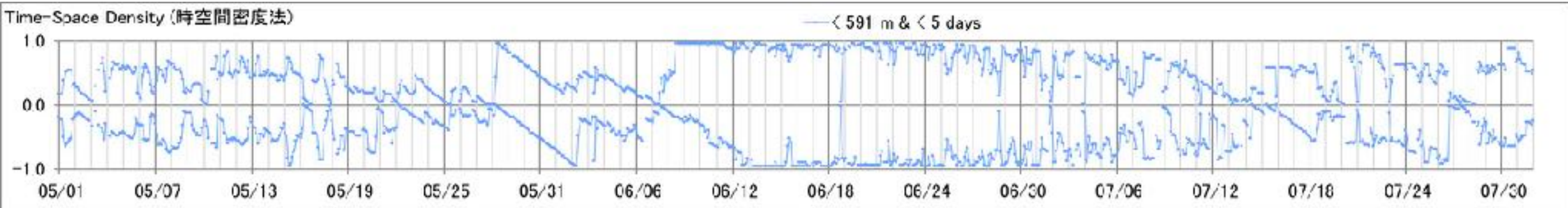


二ホンジカ♀：時間軸図

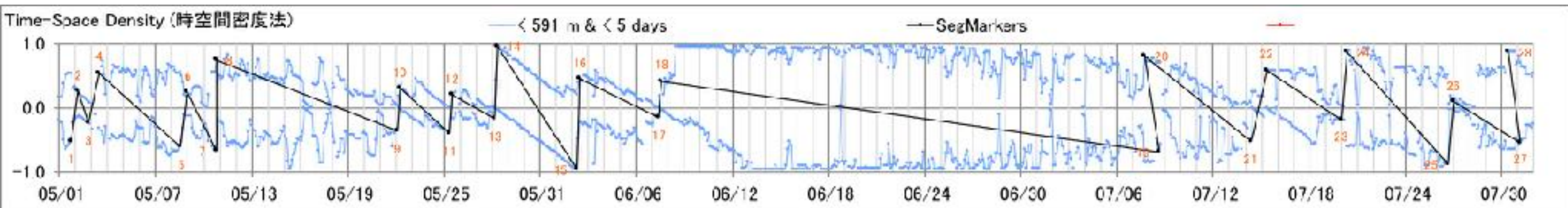


ニホンジカ♀：期間分割

時空間密度図

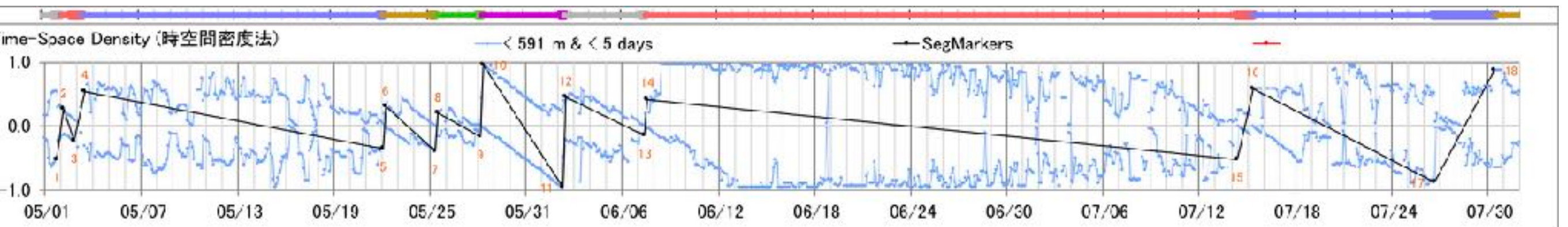


分割候補表示（自動）無用分割を番号指定で対話的に削除

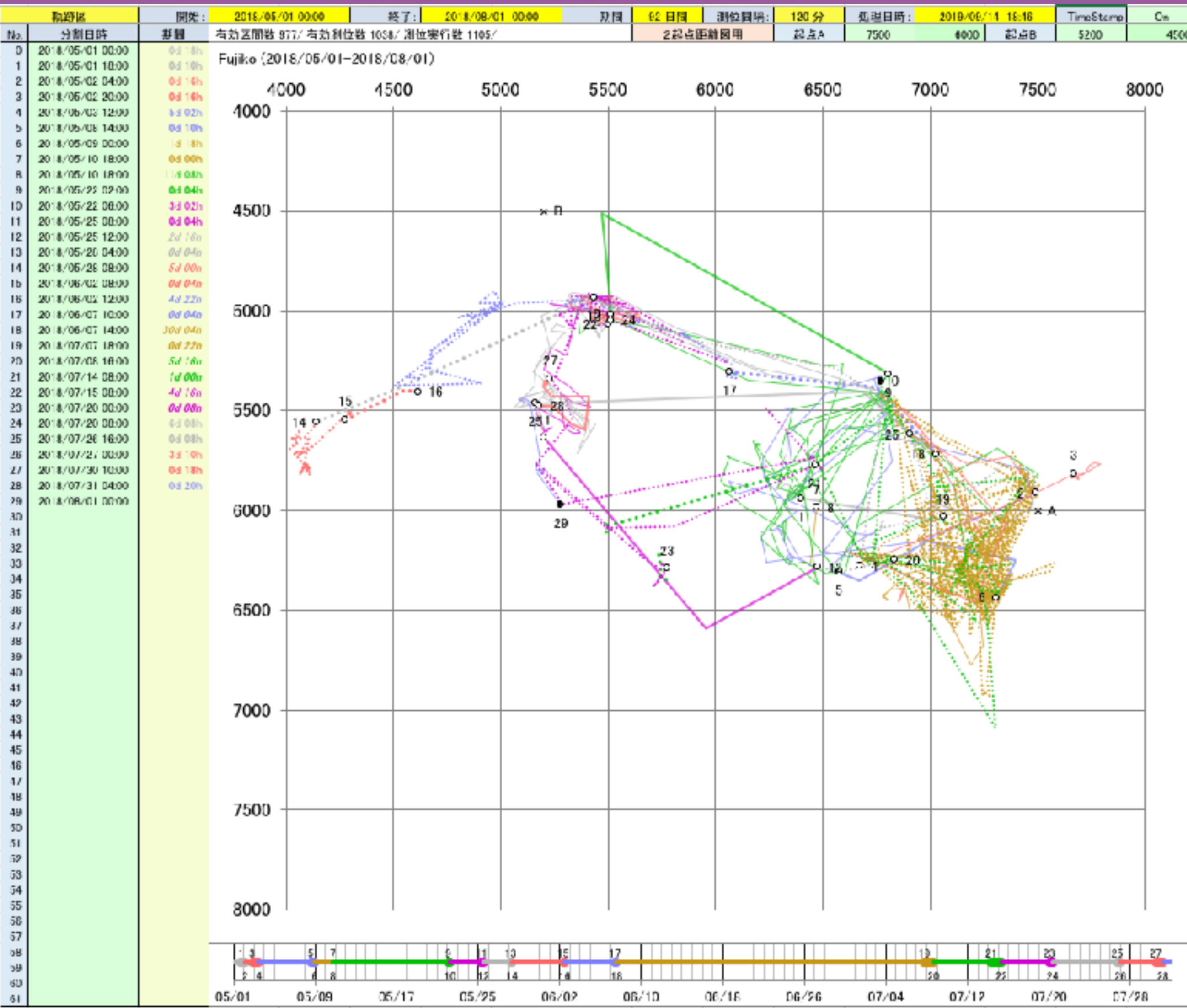


分割確定（削除後）

確定後は色帯図を作成

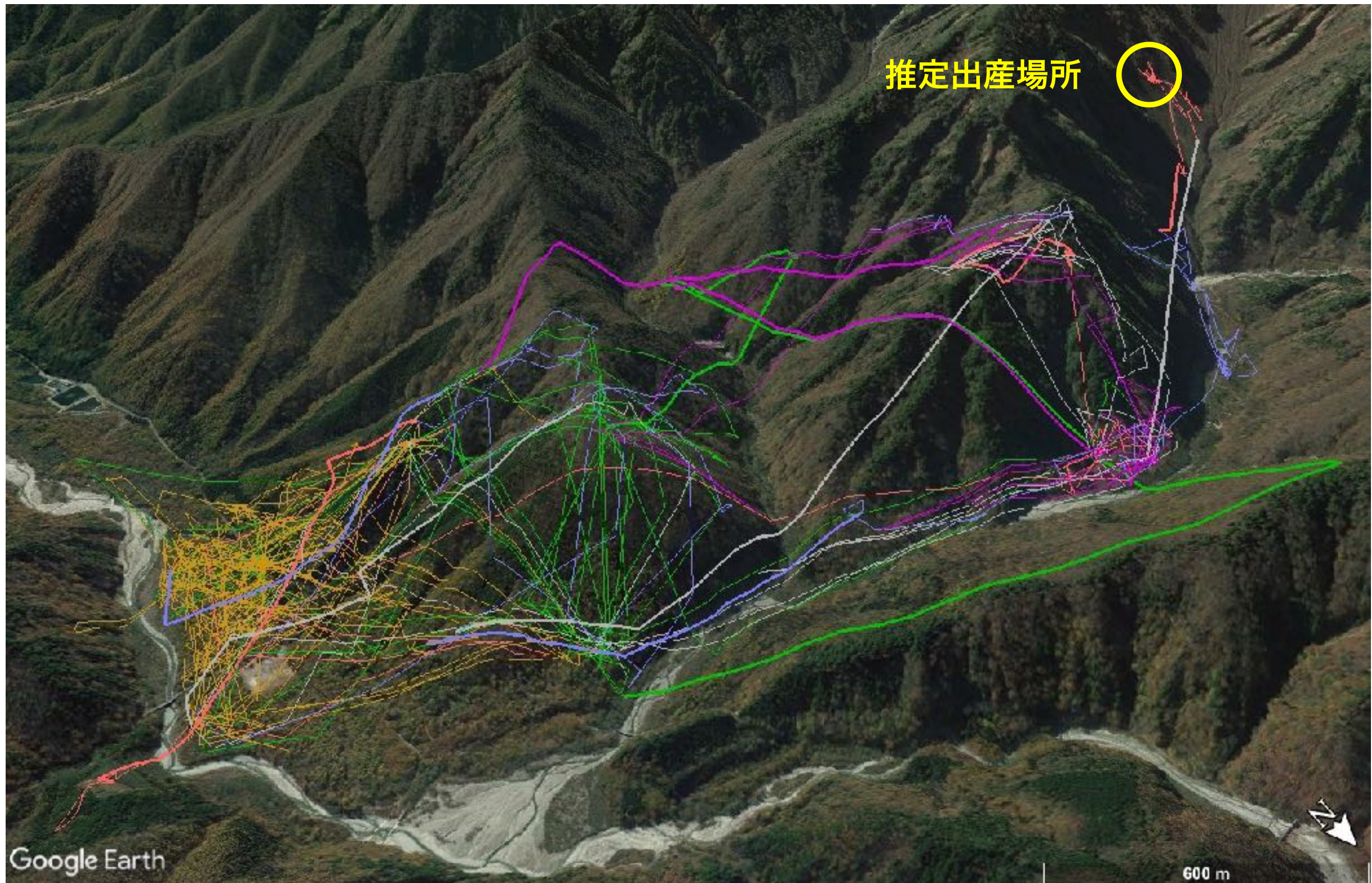


ニホンジカ♀：軌跡分割



個体：Fujiko
 期間：92日間
 2018/05/01-
 2018/07/31
 測位間隔：120分

ニホンジカ♀：kml表示



GPSデータ分析

陸の動物

主に行動圏分析

なぜ？

軌跡：複雑

(空間的に大きな移動：少ない)

(利用域内：軌跡大きく重複)

海・空の動物

主に軌跡分析

なぜ？

軌跡：比較的単純

(互いに遠く離れた集中利用域)

(それを結ぶ空間的に大きな移動)

GPSデータ分析

行動圏分析

時間：ほとんど無視
データを単に点の集合と見る

主たる内容：面積推定
(比較が目的)

線を点に還元し、面を推測
自己相関の排除（自己矛盾？）

ところで
行動圏って実態なの？幻想では？
筆頭発表者のごく個人的疑問

軌跡分析

時間：重要
データを線（動き）の集合と見る

主たる内容：分割
(動きの理解が目的)

線の特徴を数値化
時系列で並べて分割

そもそも、海・空の動物で
行動圏は想定しがたい？
せいぜい、周回ルート？

GPSデータ分析

行動圏分析

Minimum Convex Polygon
(凸多角形法)

Kernel Density Estimator
(カーネル法)

Local Convex Hull
(LoCoH)

time Local Convex Hull
(t-LoCoH) 時間を考慮

Brownian Bridge Movement Model
(BBMM)
など

とりあえず名前を挙げられる

軌跡分析

種々方法の提案あり
とりあえずの標準なし

最近の主要レビュー2つ

[Edelhoff, Signer & Balkenhol 2016.](#)

Path segmentation for beginners: an overview of current methods for detecting changes in animal movement patterns.

[Movement Ecology](#) 4:21.

[Gurarie, et al. 2016.](#)

What is the animal doing? Tools for exploring behavioural structure in animal movements.

[Journal of Animal Ecology](#) 85: 69-84.

軌跡分析の手続き

1. データの信号化

(数値化して時系列で並べる)

- 時間的隣接点のみ考慮（本流）
- 時間的に離れた点も考慮（傍流）

次の2ページで詳説

2. 信号の分割

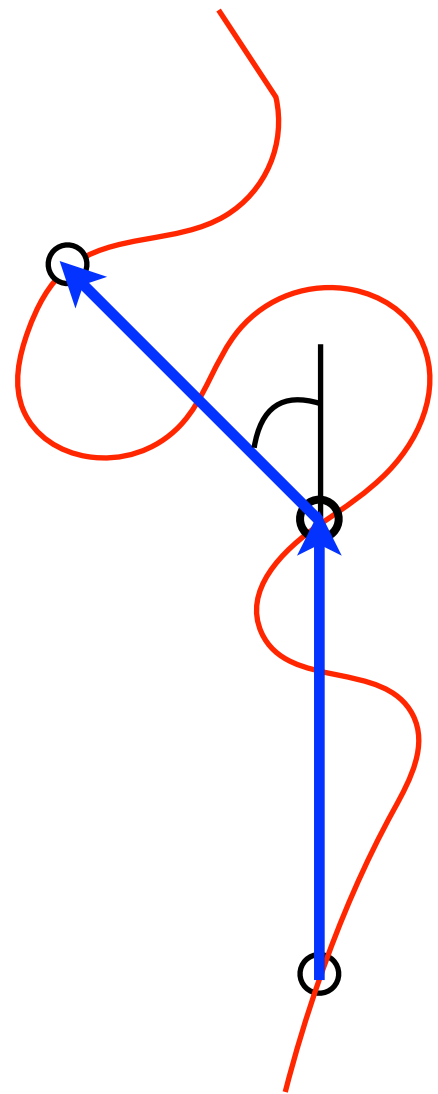
- 変化点の抽出
- 均質区間の抽出

次のような道具を使用

ベイズ推定
ランダムウォークモデル
状態空間モデル
マルコフモデル
フラクタル次元
ウェイブレット分析

軌跡分析：データの信号化1

●時間的隣接点のみ考慮（本流）



軌跡（連続曲線） ↓ 等時間隔のサンプリング ↓	信号の 意味 derivatives	1 単位を 構成する 生データ数と 全データサイズ
連続する地点の集合 ↓	地点 primitive	1 (N)
連続する地点の差 {ベクトル（長さと方位）} の集合 ↓	動き primary	2 (N-1)
ベクトル（長さと方位）の差 の集合	動きの変化 secondary	3 (N-2)

軌跡分析：データの信号化2

●時間的に離れた点も考慮（傍流）

First Passage Time (FPT: 一次通過時間)

各測位点について、
それを中心とする
一定半径の円内に
滞在した時間。
(1回の出入りのみ)

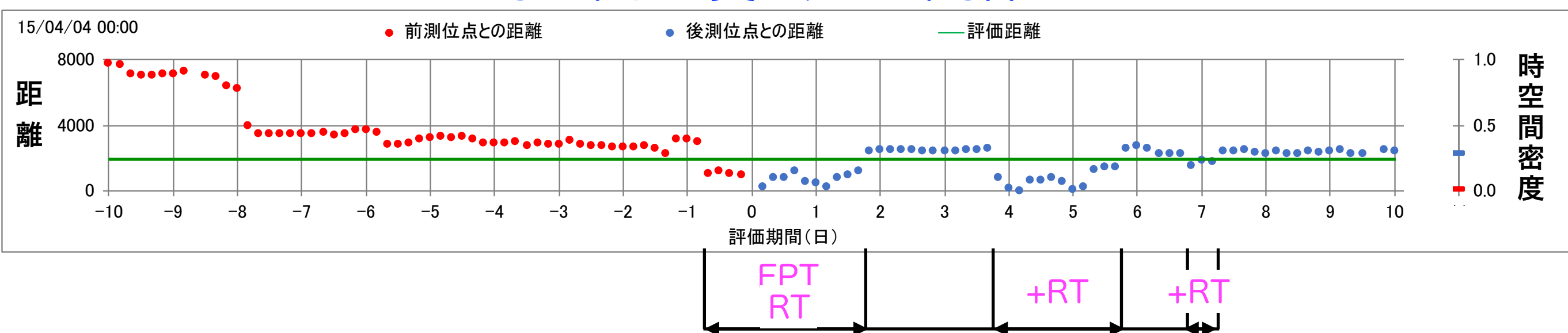


Fig. 1. in Barraquand & Benhamou 2008

Residence Time (RT: 滞在時間)

各測位点について、
それを中心とする
一定半径の円内に
滞在した時間。
(複数回の出入りを考慮)

時空間密度法との関係



時間軸分析と軌跡分割

- 1) 時間軸分析とは
GPSデータをさまざまに加工、
時間軸を揃えてグラフ化、
並べて見ることにより、
動物の動きを時間軸上で理解する試み。
- 2) 軌跡分割にはグラフ化技術の一つ
「時空間密度法」を利用。
- 3) 時間軸上の動きと空間上の動きとのリンクにより、
動物の時空間的動きを把握する。

時空間密度法による軌跡分割

1) 信号化の考え方：FPTやRTに近い。
空間的な位置関係を考慮。

2) 信号化・グラフ化時点で
分割すべき点がすでにかなり明確

3) データ間隔の等時性を前提とせず。
(データ欠損の穴埋めは無用)

4) 測位間隔の等時性も原理上は無用。

現状では必要：GPSによる測位記録の不備と計算アルゴリズムのため