

動物移動軌跡の時間軸分析 4

–重心距離法の新展開–

Timeline Analysis of Animal Tracks IV
–New Developments of the **Centroid Distance Method**–

平川 浩文¹・瀧井 暁子²・岡 杏奈³・泉山 茂之²

¹無所属, ²信州大学 山岳科学研究拠点, ³林野庁 九州森林管理局 綾森林事務所

2021年8月28-31日 日本哺乳類学会2021年度大会

要旨

ある時間幅（評価期間）における行動範囲の大きさを示す「重心距離（注1）」の新表現「**最小重心距離図**」と「**超多重最小重心距離図**」を開発した。これによって行動範囲の縮小の程度とその持続期間を（後者では多数の時間スケールで）一つの時間軸図に示すことが可能になった。この開発は、ニホンジカ出産の日時・場所をピンポイントで特定するために行った。一昨年報告した、出産に伴う大きな動きの変化（注2）に加えて、最短で3～4時間あると見込まれる「**出産不動滞在**」の確認をこの手法を使って試みた（注3）。関連して、他にもいくつか新しい表現手法を開発したので、併せて紹介したい。

（注1：2016年当学会で「重心からの平均距離」として平川らが発表）

（注2：2019年当学会で岡杏奈らが発表）

（注3：今回当学会P-091で瀧井暁子らが発表予定）

時間軸分析とは

動物の空間的な動きを
時間軸上で理解する試み

GPSデータを
さまざまな方法で加工し、
時間軸をそろえてグラフ化、
眺める方法をとる

これまでの発表

2016 時間軸分析を提案

重心距離法を「重心からの平均距離」として発表

2017 手法追加

時空間密度法

2起点距離法

多重化重心距離法

2019 手法追加

時空間密度に基づく軌跡分割法

重心距離法とは

重心距離 Centroid Distance （以下、適宜CDと略）とは

定義：ある時間幅（評価期間）に含まれる
全測位点の重心と各測位点との平均距離

性格：任意の期間（ただし、データ間隔の整数倍）について計算可

意味：評価期間内の行動範囲の大きさの指標

単位：空間の長さ（通常mで表現）

重心距離図とは

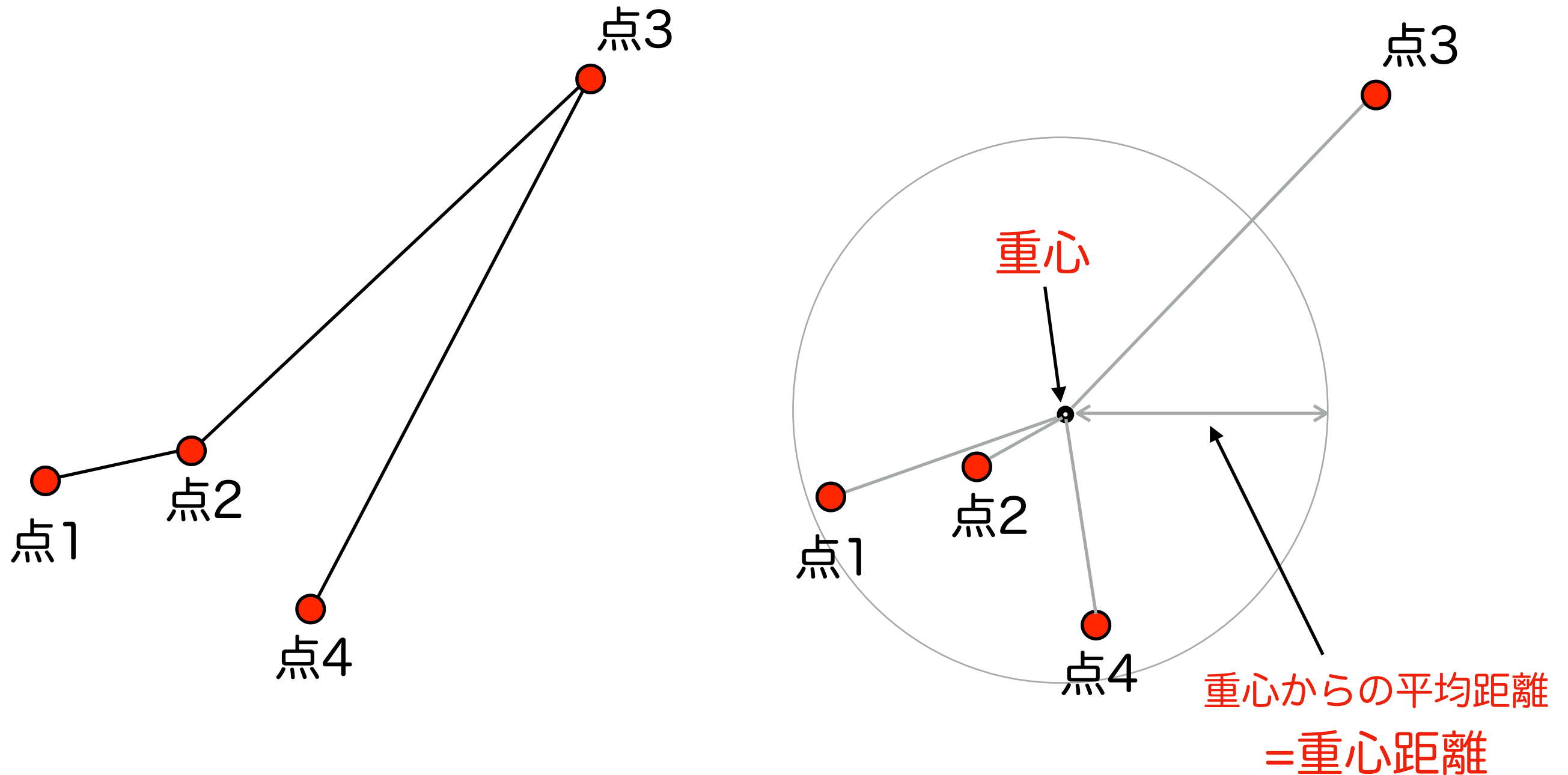
重心距離をデータ間隔分の時間をずらしながら計算し、
時間軸グラフ上にプロットしたもの

重心距離法とは

重心距離図により時間軸上で行動範囲の大きさの変化を
把握する方法

図解

軌跡：評価期間 3 区間 4 測位点の例



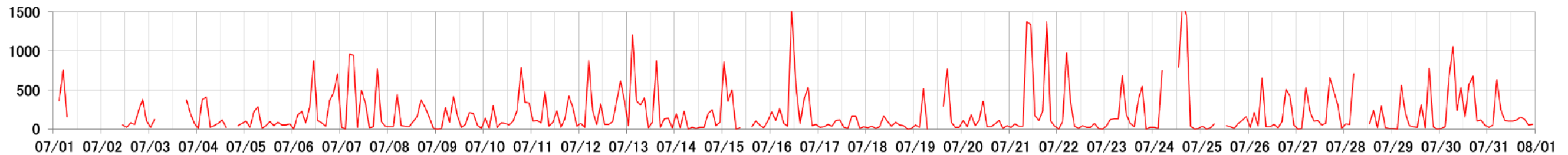
評価期間に対する反応

重心距離と移動平均とは似て非なるもの

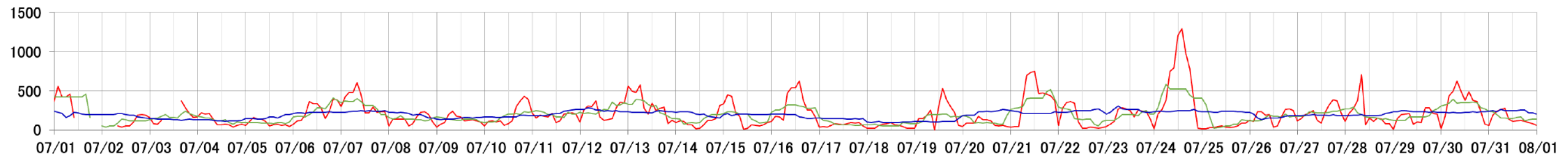
区間距離の移動平均：評価期間を長くすると、単に平坦化する。もとの振れ幅を超えることはない。

評価期間：2時間（データ間隔：2時間）

なぜ？ 移動平均は単なるスムーズ化の技術だから



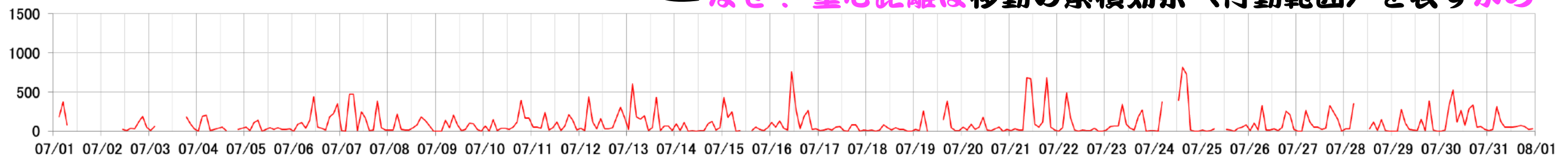
評価期間：8・24・72時間



重心距離：評価期間を長くすると、もとの振れ幅より小さくなることも、これを超えることもある。

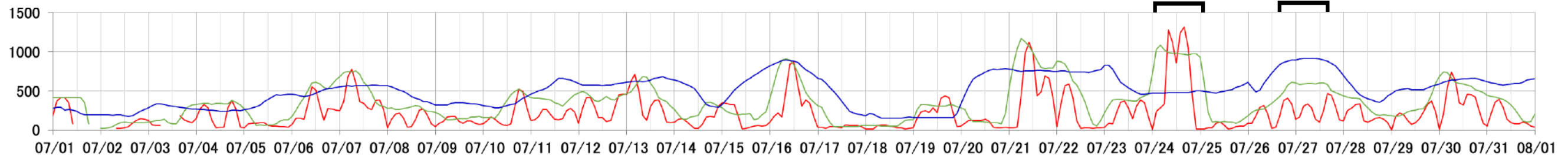
評価期間：2時間（データ間隔：2時間）

なぜ？ 重心距離は移動の累積効果（行動範囲）を表すから



評価期間：8・24・72時間

振れ幅低下例 振れ幅増加例

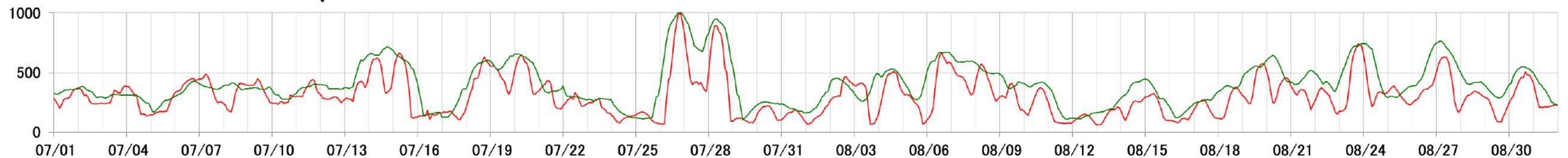


データ数に対する反応

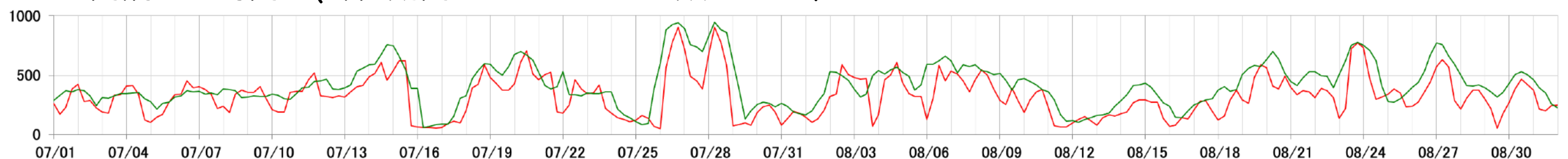
きわめて堅固：少ないデータ数でも有効

間引きによりデータ間隔を変えて、評価期間 24・48 時間で検討

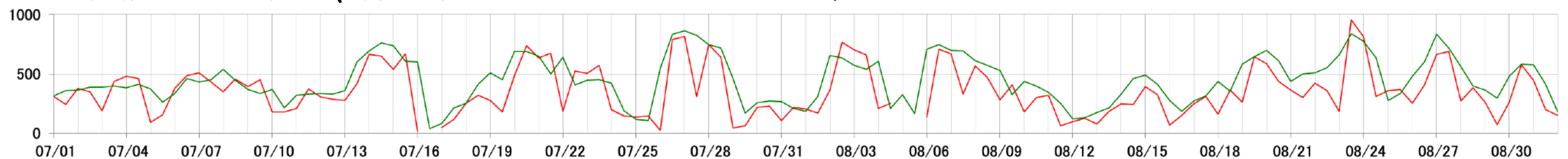
データ間隔：2 時間（評価期間あたりのデータ数：13・25）



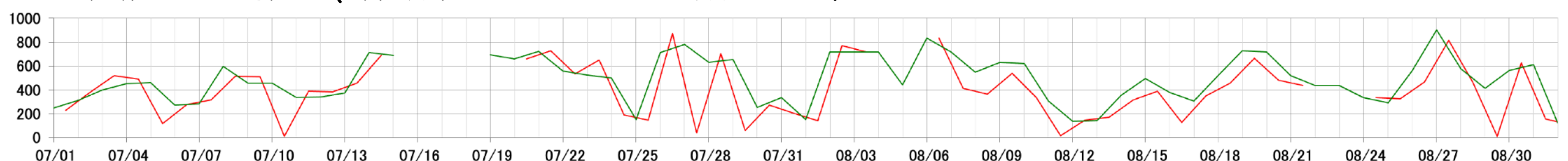
データ間隔：6 時間（評価期間あたりのデータ数：5・9）



データ間隔：12 時間（評価期間あたりのデータ数：3・5）



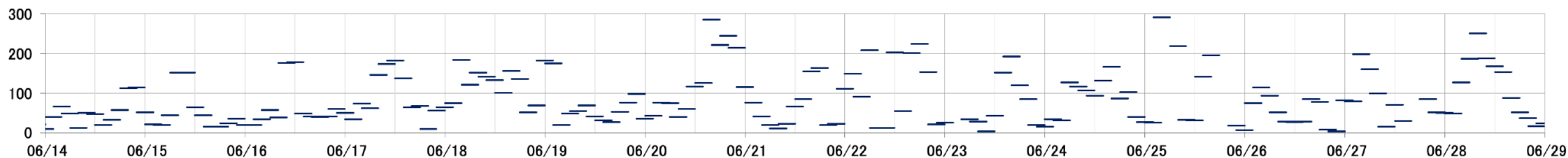
データ間隔：24 時間（評価期間あたりのデータ数：2・3）



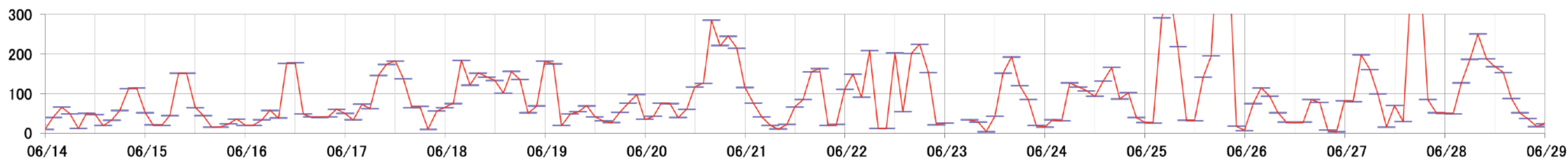
重心距離の表現方法

期間明示・中間時・開始時・終了時・最小・最大

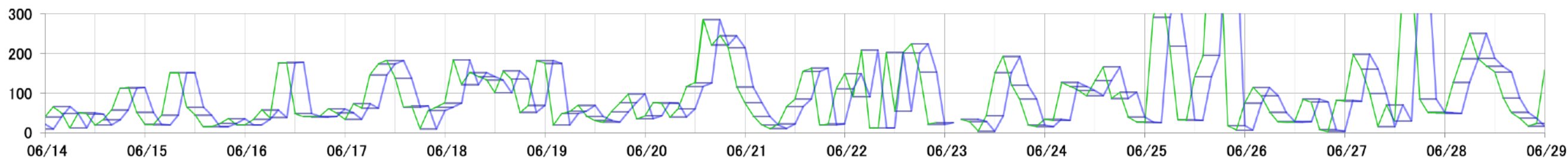
期間明示 (period-explicit) <= これが本当の姿 すべて同じデータ (CD) の異なる表現！



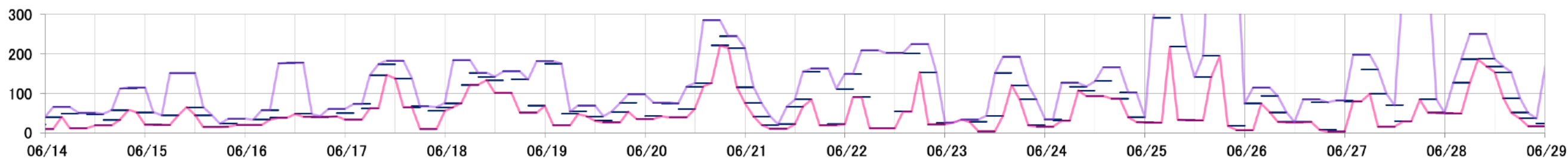
期間明示・中間時 (center-timed) <= 仮の姿：一般にこれを使用



期間明示・開始時・終了時 (start-timed・end-timed) <= こんな表現も可能



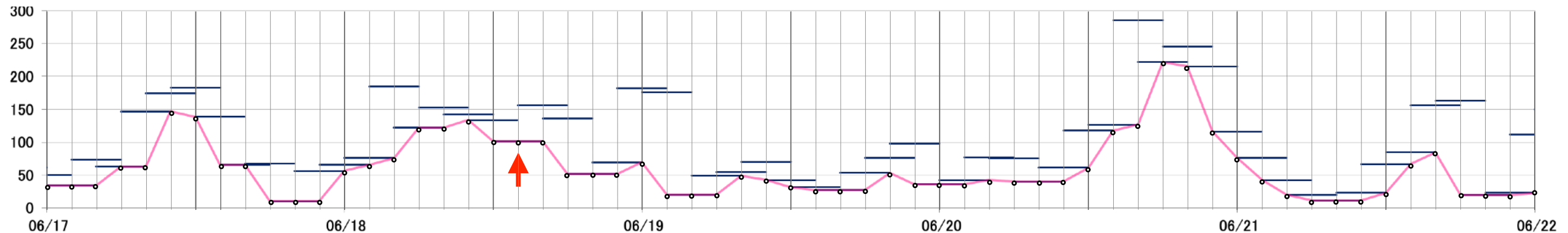
期間明示・最小・最大 (minimum・maximum) <= こんな表現も可能



最小重心距離図とは

定義：各データ時点で重複する期間明示CDの最小値を線で結んだもの

期間明示CD・最小CD（データ間隔2h、評価期間4hrsの例：常に3本の期間明示CDが重複）



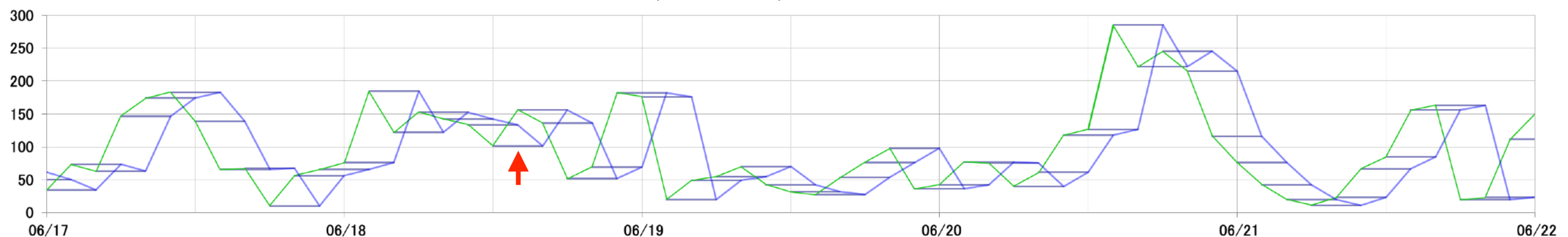
最小CDの特性

- 1) 変動の底で期間明示CDに完全一致
- 2) 減少時に開始時CD にほぼ一致
- 3) 増加時に終了時CD にほぼ一致
- 4) 減少/増加中に期間明示CDと完全一致する場合（↑）、そこは期間明示CD変動の底。

いつからいつまで
行動範囲がどの程度
縮小していたか
を表現

=> 1) と併せて最小CDには期間明示CD変動の底が現れる

期間明示CD・開始時CD・終了時CD（参考図）

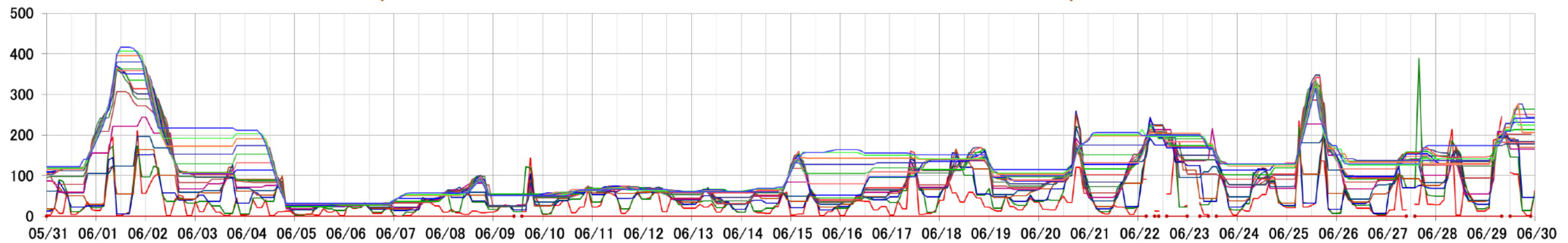


超多重最小重心距離図とは

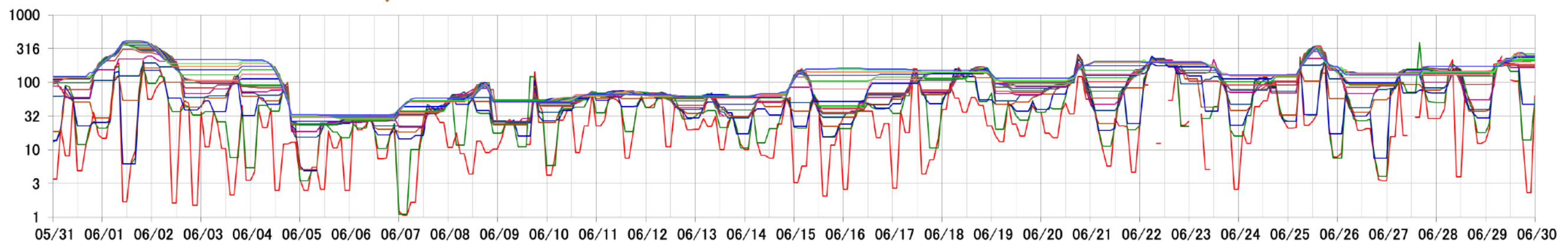
Super-Multi-Minimum Centroid Distance (sminCD) Chart
または「多重漏斗図 Multi-Funnel Chart」

評価期間の異なる最小CD図を多数重ねたもの

縦軸：CD（通常スケール），評価期間：2~36 h（2時間刻みで18通り），データ間隔:2時間



縦軸：CD（対数スケール）



いつ、どんな長さ（時間）、どんな大きさ（空間）、の「滞在」があったかを表現
「滞在」の考え方については後述。

（静止GPS試験に基づいて） $CD < 10 \text{ m}$ なら「不動滞在」と推測

時空間密度との比較

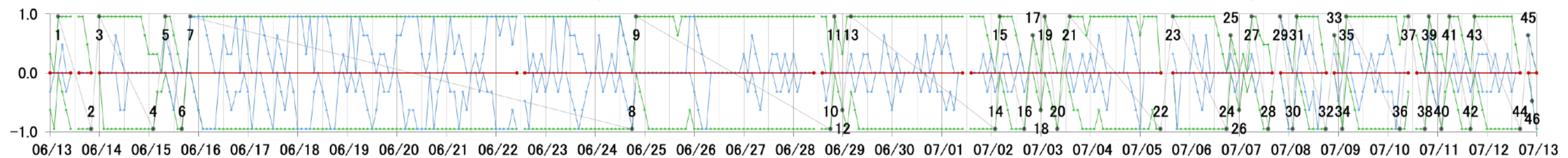
時空間密度

パラメータ2個：評価期間と評価距離

図の多重化：せいぜい（評価距離を変えて）2重～3重程度

軌跡分割：可能

時空間密度図：2重化と軌跡分割の例（評価時間 6 h、評価距離 500 m と 50 m）



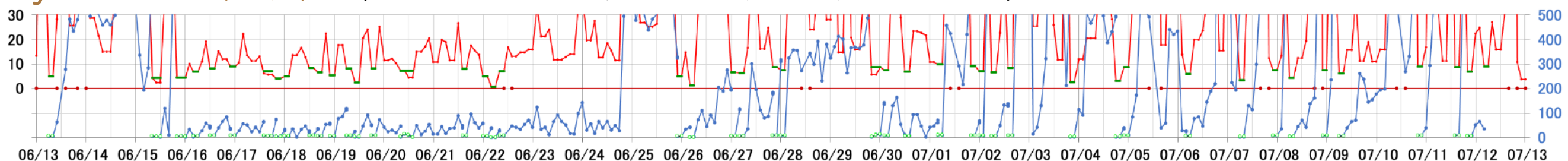
最小重心距離

パラメータ1個：評価期間のみ

図の多重化：多数可

軌跡分割：検討中（下図参照）

Stay-Move図（仮称）（ $CD < 10$ を基準として滞在と移動を区別）

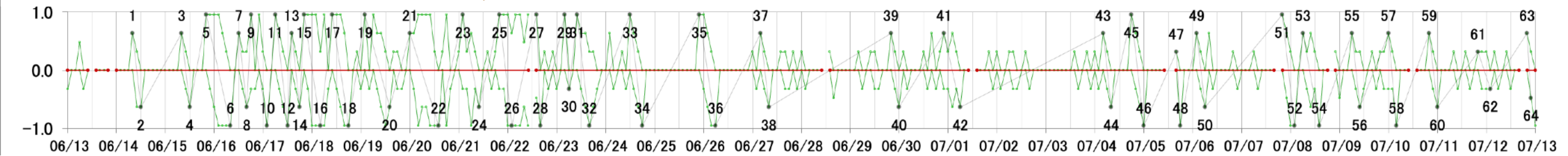


左軸（重心距離、赤：cminCD、濃い緑：滞在期間）、右軸（滞在重心からの距離、薄緑：滞在中、青：滞在后）

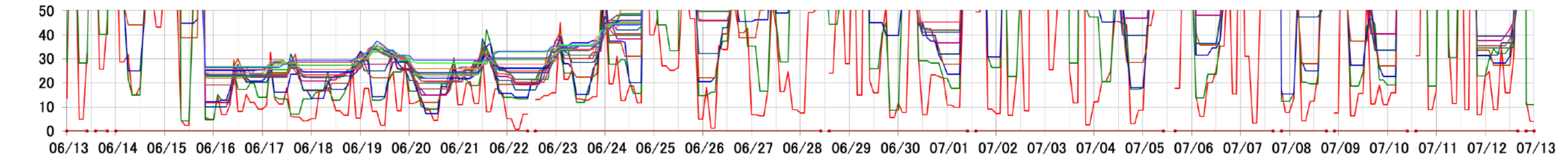
適用例

ニホンジカ：出産日時（出産不動滞在）特定の試み

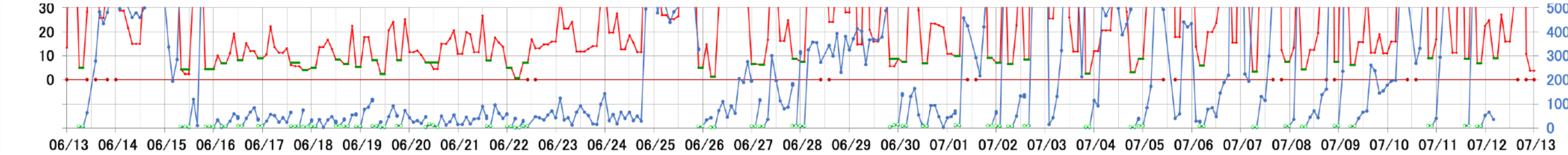
分割後の時空間密度図（評価期間 6 h, 評価距離 50 m）



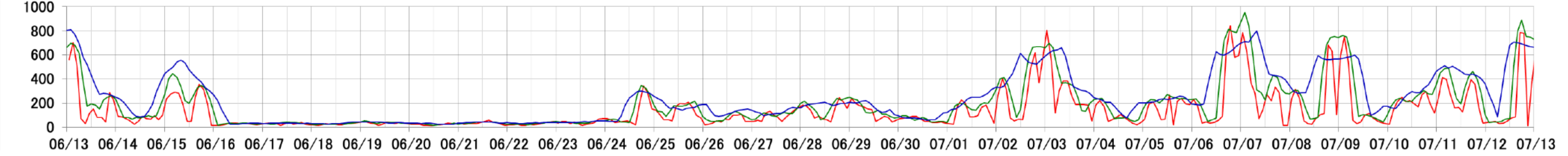
超多重最小重心距離図（または多重漏斗図）



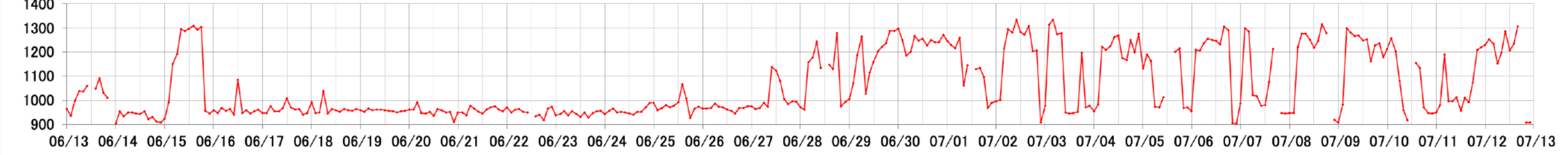
Stay-Move図（前ページ参照）



中間時重心距離図（評価期間 6, 12, 24 hrs）



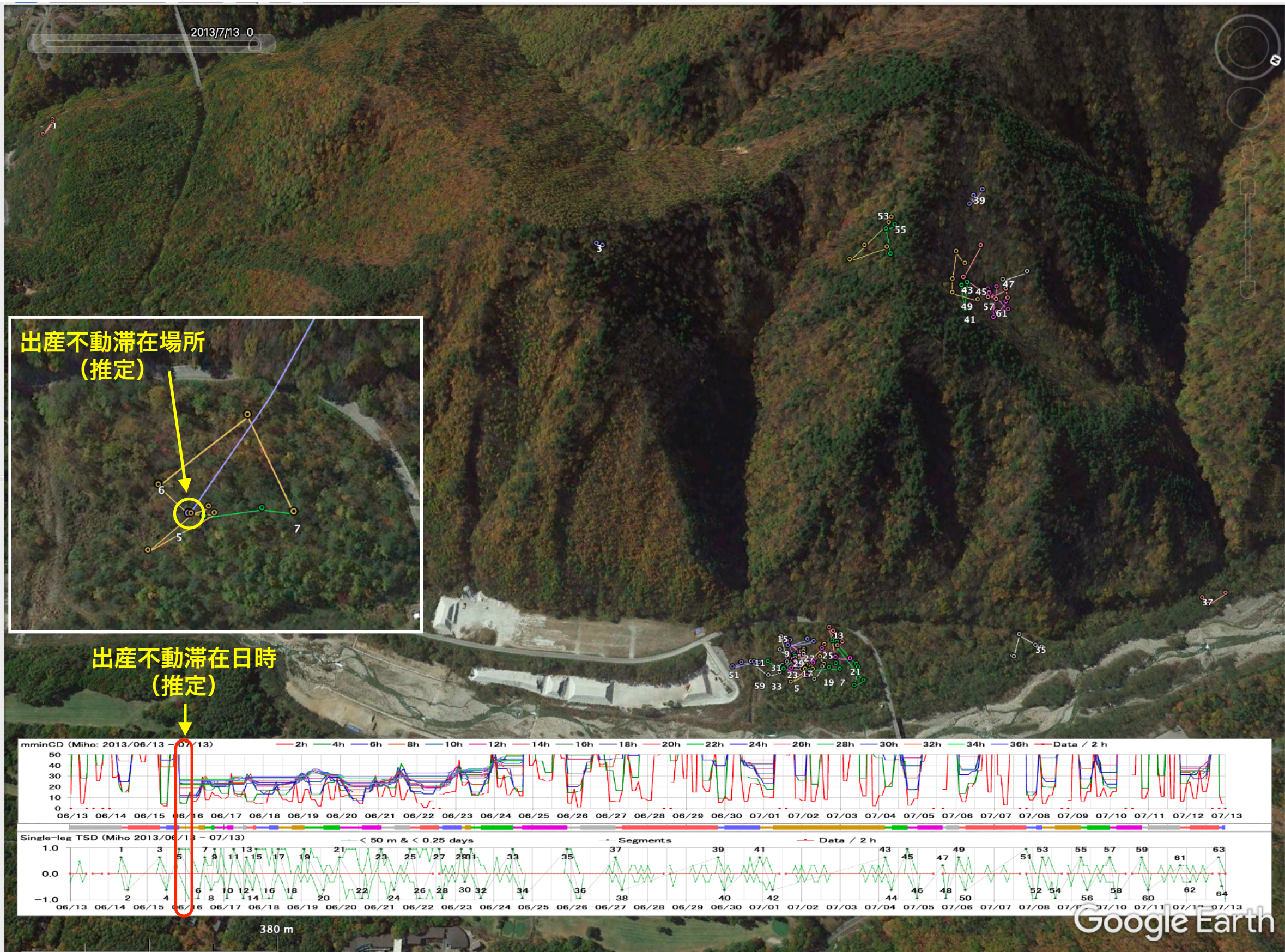
標高



立体写真地図 Google Earth で位置確認

▼ 場所

- お気に入り
- 保留
 - Miho-1306@2h-13r.kml
 - Initial
 - Overlay Charts
 - Upper Charts
 - TimeSpaceDensity
 - multi-minCD
 - adhoc
 - Height
 - Dual-Anchor Dist.
 - center-timed CD
 - minCD
 - maxCD
 - ColorBar
 - TimeSpaceDensity
 - Lower Charts
 - Dual Anchor
 - Whole track
 - Tracks



滞在と移動をどう考えるか

滞在と移動は対比概念、対立概念に非ず

通常、滞在とみなされる間にも位置変化（つまり移動）がある
位置変化がない「不動滞在」を除けば、両者は峻別不可
移動は滞在の一形態、滞在は移動の一形態

想定する時空間スケールに対して、
相対的に小さい空間に、相対的に長い時間、いれば「滞在」
相対的に大きい空間に、相対的に短い時間、いれば「移動」

どう区分・対比するかは
想定する時空間スケールに大きく依存
分析目的にも依存

今後の課題

1. 論文化

1) ギャップ法（来年の生態学会で発表予定）

外れ値の除外方法

2) 動物移動軌跡の時間軸分析（本学会でほぼ発表済み）

重心距離法

時空間密度法（1回通過と複数回通過）

時空間密度に基づく軌跡分割法

2起点距離法

2. 解析システムの公開

TimelineAnalyser.xlsm