

## DTW と DP を用いた MPA : Voronoi 図を添えて

中泉 雄登 (筑波大学 生物学類) 指導教員: 徳永 幸彦 (筑波大学 生命環境系)

### 【背景・目的】

昨今化石燃料の枯渇や地球温暖化などといった問題が後押しをし、再生可能エネルギーを利用した発電が普及してきている。再生可能エネルギーを利用した発電方法の中でも発電効率のいい風力発電所の建設が相次いでいるが、その一方で風車に鳥が衝突するバードストライクが問題になっている。このバードストライクによって、渡り鳥や希少な猛禽類が死亡し個体群に影響が出ることが危惧されている。

このバードストライクは風車の位置と鳥の飛行経路が重なることで起きるため、この問題を解決するために鳥、特に渡り鳥の飛行経路を知る必要がある。日本では鳥類標識調査により捕獲地点と再捕獲地点を結んだ 2 地点間データは数多くある。が、実際に移動した経路がわかる GPS などを利用したデータは数が少ない。

そこで私は、鳥の渡りの経路をインターネット上の飛来記録から推測しようと考えた。鳥の渡りは日本でも様々な場所で見ることができ、多くのデータが残っている。この情報を利用して飛行経路を明らかにすることができると考えた。今回は、個体数の時間的変化のパターンが北から南にかけて伝播するという仮説のもと、渡り鳥の飛行経路を Dynamic Time Warping (DTW) と Dynamic Programming (DP) を使って推測した。

### 【方法】

#### (1) 生物種

本研究にはサシバ *Butastur indicus* という渡り鳥の飛来記録を用いた。サシバは、全長およそ 50 cm で、蛇やトカゲ、カエルと言った小動物を食べる。本種は春と秋に渡りをするので知られており、特に秋では大規模な群れを作り、渡りをする。サシバは、夏は本州の里山などに生息しており、秋に沖縄や東南アジアに渡る。

サシバは本州のほとんどの場所に生息していることや、秋に大規模な渡りをすることから、飛来記録が多く残っている。これらの理由から、本研究ではサシバの飛来記録を用いた。

#### (2) データ

本研究では「タカの渡り全国ネットワーク」(<http://www.gix.or.jp/~norik/hawknet/hawknet0.html>)に掲載されている、全国各地のサシバの飛来記録を使用した。飛来記録は 2012 年から 2016 年の 9 月 1 日から 10 月 31 日に調査されたものになっている。

#### (3) 解析

年ごとに各地点の飛来記録を用いて、波形を描画した。そして、その波形の類似度を、DTW を用いて求めた。DTW では、まず 2 つの時系列データの各点の差分を総当たりで求め距離行列を作る。この距離行列上の経路を考え、要素の和が最小になるものを最適な経路とする。最短の経路を求める際に、DP を用いた。

DP は、問題を複数の部分問題に分割して、部分問題の計算結果を利用して元の問題を解く手法で、今回のような最短経路を求める際に適している。このとき、その経路における要素の和を DTW 距離とする。DTW 距離が小さいほど、2 つの時系列データの類似度は高い。DTW のメリットは、総当たりで各点における差分を計算するため、時系列データの長さや周期が違う場合であっても、類似度を求められることである。今回は類似度を定義するために、要素の和が最小の経路となる DTW 距離と、要素の和が最大になる経路の距離を求めた。その距離に対する DTW 距離の割合を、2 つの時系列データの類似度とした。

そして、求めた類似度をもとに飛行経路を推測した。飛行経路を推測する際に、サシバの飛行経路を、Voronoi 図を用いることで経路の候補を絞った。Voronoi 図とは、平面上にいくつかの点(今回の場合、地図上における全国各地点)において、どの点に最も近いかによって分割してできる図のことである。この図によって、全国各地が最も近い場所ごとに結ばれる。今回はサシバの飛行経路を単純化し、最も近い地点を選び移動していると考えた。Voronoi 図に従い、類似度が小さいところを結んだものを飛行経路とした。

### 【結果と考察】

求めた全国各地の類似度は下の表のようになった。表は各地点同士の類似度をあらわしており、青梅と静岡の類似度は 0.035 である。値が小さいほど類似性があり、サシバはその小さいところに移動していると考えられる。青梅から移動する場合、静岡との値が一番小さいので、静岡に移動していると考えられる。Voronoi 図でルートを絞った上で、類似度の小さいもの同士を結んでみると、青梅、伊良湖、みつえ、高茂、屋久島のようになった。

	静岡	金華山	伊良湖	みつえ	宝塚	高茂	油山	屋久島
青梅	0.035	0.0376	0.0500	0.0272	0.0322	0.0407	0.0490	0.0261
静岡		0.0382	0.0274	0.0257	0.0361	0.0298	0.0471	0.0359
金華山			0.0611	0.0270	0.0364	0.0419	0.0456	0.0279
伊良湖				0.0444	0.0530	0.0448	0.0796	0.0519
みつえ					0.0273	0.0283	0.0306	0.0181
宝塚						0.0433	0.0466	0.0231
高茂							0.0682	0.0223
油山								0.0270

表 1. 各地点における類似度

指導教員の徳永先生はこの要旨を修正すべきとのお言葉をいただきました。