

感潮域における潮汐路の特徴に関する研究

Study on the geometric features of tidal channels in intertidal areas

北海道大学工学部 ○学生会員 伊藤大河 (Taiga Ito)
北海道大学大学院工学研究院 正会員 岩崎理樹 (Toshiki Iwasaki)
北海道大学大学院工学研究院 フェロー 清水康行 (Yasuyuki Shimizu)

1.はじめに

潮汐の影響を受ける感潮域では、潮汐による流れによって特徴的な地形が形成される。その一例が Tidal Creek と呼ばれる複雑な水路網である。このような水路網は感潮域における物質輸送や動植物の生息環境に大きな影響を持つと考えられているが、長期間の地形変動により形成されるために、その形成過程や発達過程は不明な点が多く、支配的な水理量、地形的特徴や力学的な背景についてより詳しく調べる必要がある。このような背景をもとに、本研究では、Tidal Creek の平面的な形状を決定する支配的な要因について調査するものである。

Tidal Creek は地域ごとに非常に多様な平面形状を示しており、その背後には水路網の形状特性を支配する要因があることが予想される¹⁾。例えば、図1、2に示したように、主となる水路のみに着目しても、直線と蛇行といった異なる特徴を持つ水路により全体の地形が構成されている。このような水路の形成要因は不明であり、何故形状が異なるかはよく分かっていない。既往の研究にもあるように、潮汐差や地形的要因が水路網の形状と関連していることが予想される²⁾が、その支配的要因はよくわかっていない。この一つの原因として、数多く存在する Tidal Creek の特徴とそれと関連付けられる水理量などを網羅的に把握することが困難であったことが挙げられる。一方、近年では Google Earth³⁾等の衛星画像からその平面形等が容易に取得できるだけでなく、観測網の発達から水理量についてもデータが整理・データベース化されてアクセスが容易な状況にあり、Tidal Creek の形状に対する支配要因を考察できる状況にある。

そこで本研究では、主要な水理条件である潮汐差について利用可能なデータベースを用いて世界各地の値を整理し、その近傍に形成されている Tidal Creek の平面形状との関連性を比較すると同時に、河川や湾の有無等の地形的特徴を踏まえることで、Tidal Creek の平面形状を決定する要因について調べた。

2.手法

Tidal Creek の平面形状に関する支配的要因を考察するためには、まず平面形を定量化することと、対象とする Tidal Creek と関連付けられる水理量などの指標を取得し、その相関を考える必要がある。本研究では、比較的取得しやすい代表的な水理量である潮位差について、様々な水理情報が掲載されている GLOSS Core Network⁴⁾における VLIZ⁵⁾から得られる潮位データより潮位差を求めた。さらに、VLIZにおいて潮位が取得されている station 近



図1:枝分かれが少ない蛇行水路の例
(US: Bridgeport)

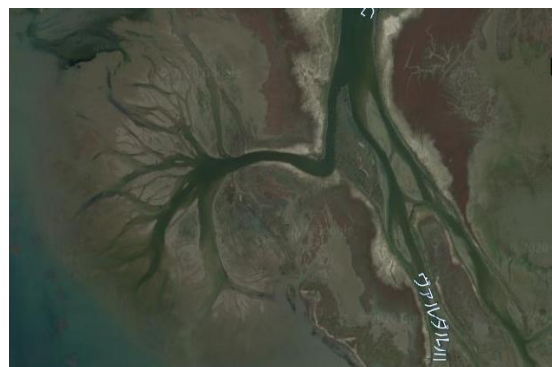


図2:枝分かれが多い直線水路の例
(Greece: Thessaloniki)

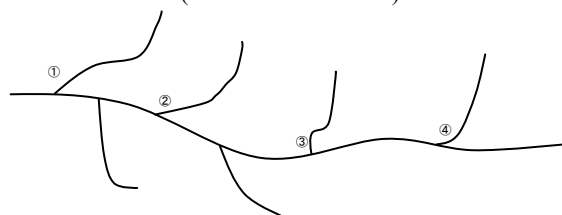


図3: 枝分かれ数の定義



図4: サンプルデータの分布状況

傍に Tidal Creek があるか Google Earth により調べ、station と Tidal Creek の位置が比較的近い場合、Tidal Creek の平面形状について Google Earth より評価した。以下、各項目について詳細を述べる。

(1)VLIZ を用いた潮位情報の収集

まず初めに VLIZ³⁾から得られる station の座標情報と Google Earth³⁾をリンクさせ、station がある座標付近に Tidal Creek が存在するかどうかを確認した。Tidal Creek が付近に存在した場合、VLIZ の潮位情報を用いて潮位差を計算した。潮位は1分ごと、15分ごとのように定期的な時間単位で掲載されている。潮位差の計算は一か月ごとに行い、潮位差の最大値と最小値、平均値を月ごとに算出した。これを各 station で 2019 年 11 月から 2020 年 10 月までの一年分を取得した。

まず潮位差は、時間単位で変動する潮位の極大値から、その極大値と最近の極小値を引いたものとした。その差の最大値と最小値と平均を抽出し、12 か月分計算した。12 個の最大値のうち最大のものをその station の最大潮位差とし、12 個の最小値のうち最小のものを station の最小潮位差とした。そして、12 個の平均値の中央値をその station の平均値とした。このようにして抽出した 3 つの値を該当する station の代表値と設定した。

(2)Tidal Creek 付近の地形的特性の確認

各 station について Google Earth から、付近の Tidal Creek がどのような形状をしているかを確認した。Tidal Creek の形状分類については、ここでは簡単に、水路網を形作る主要な水路が蛇行しているか直線であるか、水路全体として枝分かれが多いか少ないか、という 2 つの観点から行った。図 1,2 にそれぞれの特徴をもつ参考画像を示した。この 2 つの特徴と前述の潮位差の関連を調べることに加え、同時に Tidal Creek の付近に川や湾が存在するかどうか整理し、これらの地形的要因との関連についても調査した。水路全体の枝分かれ数については、Google Earth から目視で数えた。具体的には枝分かれ数の数え方は、存在する水路の中で無作為に 3 本決め、それぞれ枝分かれ数を確認し、その中央値とした。

図 3 は本研究で使用した枝分かれ数の例である。大きな水路から見て片方側だけの枝分かれを考慮し、何回枝分かれしたかを数える。図 3 では枝分かれ数は 4 となる。ここでは枝分かれ数を少ない順に並べ、分類する便宜上、枝分かれ数が 3 から 7 のものを少ない、8 から 12 のものを中間、13 以上のものを多い、と定義した。この定義では、枝分かれが少ない station は 19、中間のものは 16、多いものは 10 という個数になった。

3.結果と考察

サンプルデータとして扱うことができる station の数は 45 個であり、その分布は図 4 のようになっている。欧米

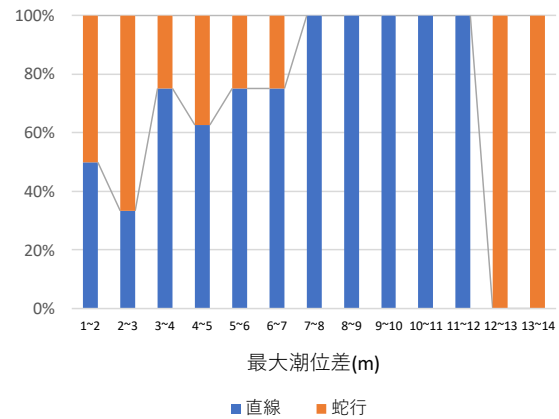


図 5: 最大潮位差とメイン水路の形状

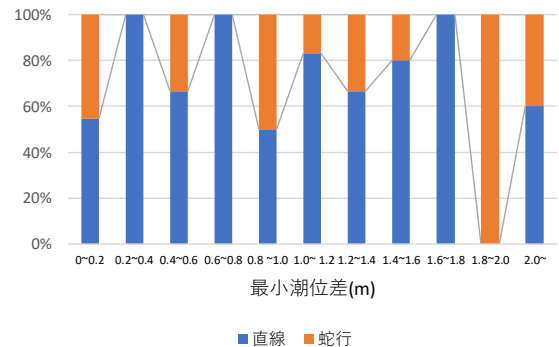


図 6: 最小潮位差とメイン水路の形状

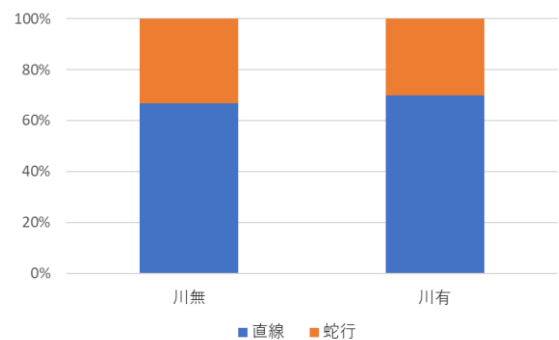


図 7: 川の有無とメイン水路の形状

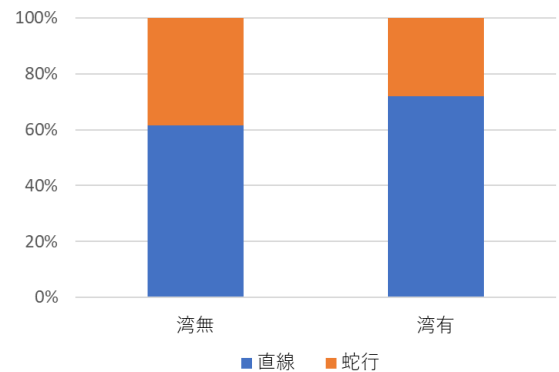


図 8: 湾の有無とメイン水路の形状

圏に潮位データが存在する station が集中していたため、

サンプル取得位置としては偏ったものとなっている。尚、川と湾の有無に関して、川や湾が存在した場合は有、川や湾が存在しなかった場合は無と表記した。

(1)主要水路の形状についての結果

図5に示す通り、最大潮位差とメイン水路の形状には比較的明確な関係が生じている。すなわち、最大潮位差が大きくなるに従い、直線水路に分類されるサンプル数の割合が大きくなっている傾向が見られた。これにより潮汐運動が活発になると蛇行水路が形成されにくいことが示唆された。これは潮位差が大きいほうが、水面勾配が急で流れの直進性が大きく、底面地形の影響を受けづらく、水路が直線化しやすい傾向⁶⁾となることと関連している可能性がある。一方、最大潮位差が12m～13m、13m～14mのstationでは、逆に蛇行水路しか存在していない。しかし、この2つはそれぞれ1つずつしかサンプルが存在していないため、意味のある結果とは判断しづらい。ただし、大きな潮位差は水路内に大きな流速を生じさせて、最初は直線流路だったものが蛇行する、といった可能性はある。一般に、Tidal Creekは初期に形成されてからその形状が大きく変化しづらいと言われているが、上記についてはさらに力学的な背景から調査が必要である。また、最大潮位差が12m以上のstationが他に確認できた際はその形状と傾向を照らし合わせる必要がある。しかし、この結果は潮位差がある程度大きくなると水路形状の傾向が異なる可能性があることを示している。

一方で、図6に示す通り、最小潮位差とメイン水路の形状に明確な関係は見られなかった。0.4mの間隔ごとに変動を繰り返しており、水路網形状との関連性については不明である。

図7,8は川、湾の有無と主要水路の形状の関連を見たものだが、図に示す通り、川の有無、湾の有無とメイン水路の形状にはほとんど関連性見られなかった。周辺の河川の有無は、湿地への土砂供給量の大小、また湾の有無無し、すなわち湿地が外洋に直接面しているかどうかの違いは、波の影響を代表していると考えられる。この結果は、主要な水路はやはり潮汐により形成されており、上記のような要素は二次的な要因にしかならないことを示唆している可能性がある。

(2)枝分かれ数についての結果

図9に最大潮位差と全体の枝分かれ数の関係を示した。最大潮位差が大きくなるにつれて枝分かれの数は少なくなり、最大潮位差が大きいもので枝分かれが多いものに関してはほとんど見られなかった。横軸の9～10にあるものもstationのサンプルとしては1つだけであったため、枝分かれ数が多いものは最大潮位差が小さくなっている、つまり、潮汐運動が比較的小さい場合、新たな枝分かれが生じるタイミングが数多く発生している可能性を示唆しているかもしれない。枝分かれには水路頭部の分岐の度合いが強く影響すると考えられ、これは当然な

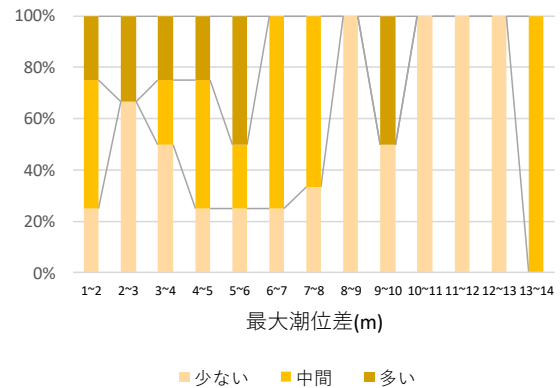


図9: 最大潮位差と枝分かれ数

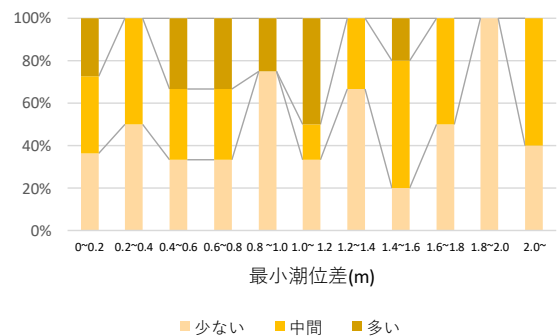


図10: 最小潮位差と枝分かれ数

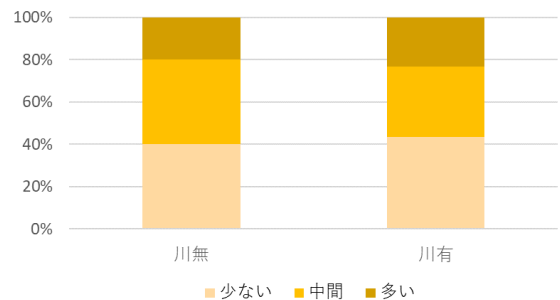


図11: 川の有無と枝分かれ数

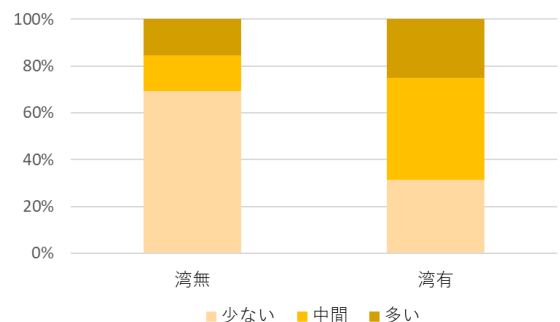


図12: 湾の有無と枝分かれ数

がら水理条件によって変化する。

例えば、泉⁷⁾は水路頭部における限界水深が小さくなる（流れ込む流量が小さくなる）ほど水路頭部が不安定化し、分岐しやすくなることを示している。潮位差が小さい場合は、このような条件が湿地全体で満たされやすくなると考えられ、ここで得られた結果を整合性はあるように見えるが、力学的背景を踏まえたさらなる検討が必

要である。

図 10 に最小潮位差と全体の枝分かれ数の関係を示した。こちらも最小潮位差が大きい station は比較的枝分かれ数が少ないことが分かった。

図 11,12 に川の有無と枝分かれ数、湾の有無と枝分かれ数の関係について示した。川の有無と枝分かれ数には関係があるとは言えなかった。一方、湾の有無と枝分かれ数には明確な差別点が存在した。湾がない場所に形成されている Tidal Creek には枝分かれ数が少ないものが比較的多く存在した。これは、波の影響によって小さな水路の形成が抑制することを意味している可能性がある。

(3)その他の考察

蛇行水路に着目すると、蛇行水路が形成されるのは特定の地域のみであることが分かった。欧州圏に存在する蛇行水路を図 13 に示した。イタリアに存在する Tidal Creek は本研究では 2 つ確認できたが、2 つとも蛇行水路であり、近くに位置している。スペインに存在する Tidal Creek は本研究では 3 つ確認できたが、そのうち 2 つは蛇行水路であり、その 2 つは近くに位置している。イギリスには Tidal Creek が多数存在するが、そのうち蛇行水路は 6 つ確認できた。その 6 つのうち 2 つずつがそれぞれ近くに位置していることが分かった。フランスには 3 つの蛇行水路が確認でき、そのうち 2 つが近くに存在した。一方、この蛇行水路は特定の地域に集中する、という特徴はアメリカの Tidal Creek には当てはまらなかった。これに関しては、蛇行水路の Tidal Creek が単に点に存在していただけの可能性があるため、スペインやイギリス等の例を否定できない。蛇行水路形成の地理的な要因の特定がこれからの課題となり得る。

枝分かれ数に着目すると、枝分かれ数が少ない水路の特徴として、最大潮位差が大きいこと、湾が存在しない傾向にあることが挙げられる。枝分かれ数が多い水路の特徴として、最大潮位差が小さくなっていたことが分かった。よって、枝分かれ数が多くなるにつれて最大潮位差が小さくなり、湾の存在が確認される傾向にある。

このように、水路の形状を直線－蛇行、また枝分かれの大小と潮位差や湾の有無といった水理、地形的要因についていくつかの関連性を得ることができた。今後は、この関連性を力学的に説明するなどして、Tidal Creek の平面形状を支配する要因について考察を深める必要がある。

4.まとめ

本研究では、Tidal Creek が存在する地域について、潮位差を中心に他の要素が Tidal Creek の形状にどのような影響を与えるかを調べた。結果として最大潮位差、最小潮位差、湾の有無が Tidal Creek の形状に影響を与えていることが示唆された。この結果を踏まえて、他に影響を与える要素があるか、また、他の要素がどれくらい影響を与えるのかをさらに調べるとともに、この結果を力学的に説明する等の検討が必要と考えている。

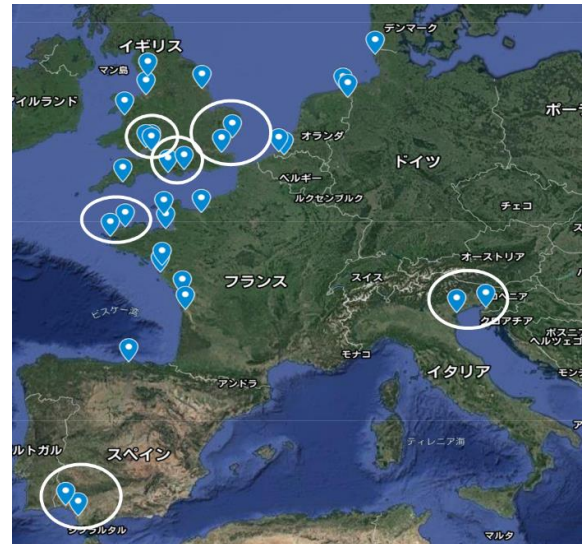


図 13: 欧州の Tidal Creek

参考文献

- 1) 岩崎理樹, 奥寺亮太, 清水康行, 木村一郎: Tidal Creek の形成・発達要因に関する一考察, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, pp.I_1093-I_1098, 2013.
- 2) Geng, L., Gong, Z., Zhou, Z., Lanzoni, S. and D'Alpaos, A.: Assessing the relative contributions of the flood tide and the ebb tide to tidal channel network, Earth Surface Processes and Landforms, Vol.45, pp.237-250, 2020.
- 3) Google Earth: <https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/>
- 4) GLOSS Core Network: <https://www.psmsl.org/products/gloss/glossmap.html>
- 5) VLIZ: <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/station.php?code=>
- 6) Google Maps: <https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/>
- 7) Lazarus, E.D. and Constantine, J.A.: Generic theory for channel sinuosity, Proceedings of National Academy of Science of the United States of America, Vol.110, pp. 8447-8452, 2013.
- 8) 泉典洋: 水路の分岐現象について, 水工学論文集, 第 49 巻, pp.979-984, 2005.