

第129回数学教育実践研究会 レポート発表

曲線を愛でつつ One more thing 2

北海道室蘭栄高等学校教諭 長尾良平

令和6年6月15日 北海道大学理学部3号館

1 はじめに

第127回数実研において、「曲線を愛でる」と称して「式と曲線」の単元での実践を紹介した。本レポートはその続編である。実生活に現れる曲線を紹介していきたい。

2 指向性マイク・方探アンテナ

カージオイド $r = 1 + \cos \theta$ を授業で紹介した際、軽音楽部員だった生徒が「カージオイド型マイクって聞いたことがあります」と話しかけてくれた。調べてみると、単一指向性マイクの最も一般的なものを「カーディオイド」と呼ぶとのこと。「カーディオイド」は特定の方向の音を拾うように設計されており、その指向性を図示したものが心臓の形に似ていることが、その名前の由来である。

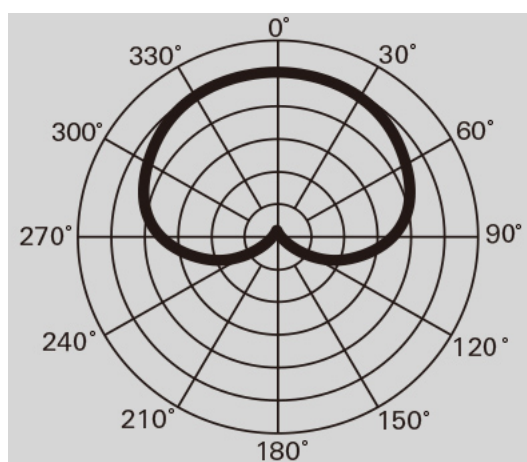


図1: カーディオイドの指向性

[2]によると、単一指向性のマイクには振動板の後ろに穴や溝があり、後方で鳴った音は

- この穴や溝も通って、振動板の裏側へ届く。
☞ 障害物を置き、到達するのを遅らせる。
- 回り込んで、振動板の表側にも届く。

ようになっており、「両者のタイミングが揃い、打ち消しあう」ことによって、単一指向性を実現している。

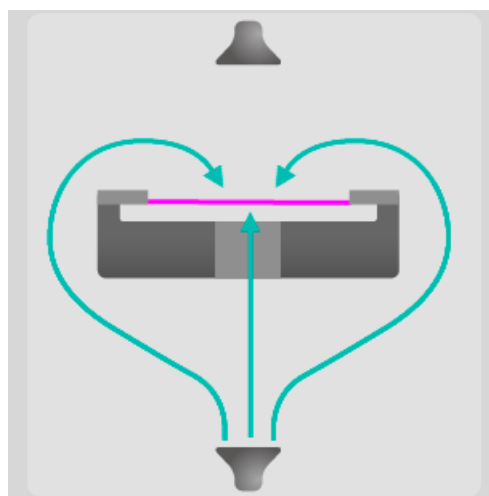


図2: 単一指向性マイクの原理

それまで、カージオイドは数学の中だけのものと思っていた筆者は、それ以外の例を探してみた。すると、方向探知用のアンテナでの活用例を見つけた。

- 8の字型の指向性を持つループアンテナ
- 無指向性の垂直アンテナ

を組み合わせることによって、電波の発する方向を探知することが可能となっている。

ループアンテナは、アンテナ面を磁束が貫く時に誘導起電力が発生するが、アンテナ面に対し電磁波の発信源が平行な場合が一番起電力が大きい。ただ、起電力が最大になるポイントが2箇所存在するので、特定するために垂直アンテナと組み合わせている。

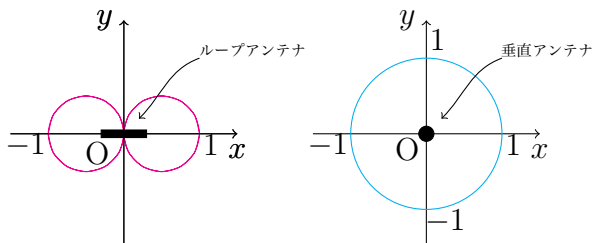


図 3: ループアンテナと垂直アンテナの指向性

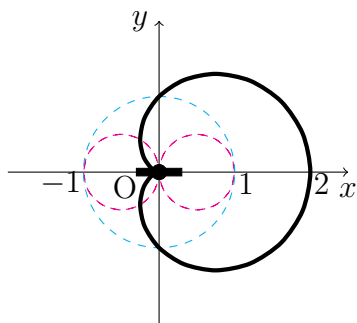


図 4: 合成した指向性

3 オルダム継手

大阪経済大学名誉教授の西山豊先生の Web ページ [5] には、高校数学の教材として使える話題も多く掲載されている。筆者も「ガウスの正 17 角形作図法」「積み木と調和級数」を参考にして授業を展開したことがあり、その実践例を数実研で発表している。

「オルダム継手」に関する [6] も気になっており、式と曲線の単元で題材にした。事前準備として、夏休みに京都大学総合博物館にあるオルダム継手の実物を見に行ったり（その際に、以前紹介した「素数ものさし」を購入している）、Web でオルダム継手を購入したりしている。

また、地方都市の鉄工所でのものづくりを題材にした漫画「ナッチャン」でも、オルダム継手が鍵となるエピソード [7] がある。

なお、オルダム継手は [1] で紹介した「屋台のおるまち」と同じ「両スライダクランク機構」という共通点がある。

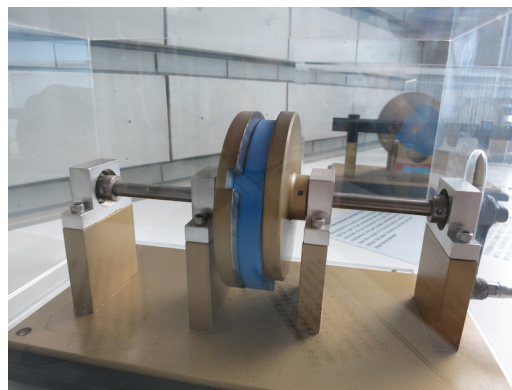


図 5: 京大総合博物館で撮影



図 6: Web で購入しました



図 7: 屋台のおるまち

回転軸が平行にずれている状況で、回転力を伝えることを考える。回転軸間の距離がある程度

離れている場合には、歯車等を用いて目的を達成できるが、距離が狭い場合や変動する場合には対応できない。オルダム継手は、そのような状況下でも回転力を伝えるために用いられるもので、3つの円盤を組合せた形状をしている。

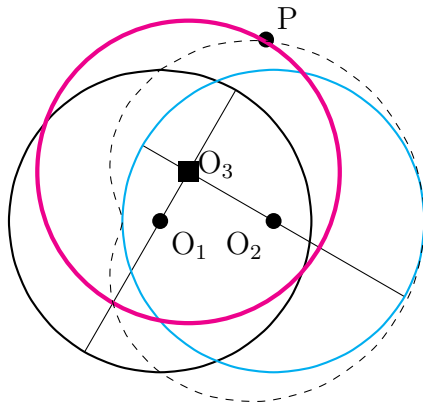


図 8: オルダム継手の機構

黒と青の2つの円（盤）は中心の位置が異なっている（ O_1 と O_2 ）。それぞれ溝が切っており、それらは直交している。その溝にはまるような突起が両サイドについて円（盤）が赤であり、その中心 O_3 の位置は変動する。

黒と青の円盤の半径を r ，中心間の距離を d とするとき、赤の円盤の円周上の点 P の軌跡は次の式で表される。

$$\begin{cases} x = \frac{d}{2}(1 - \cos 2\theta) + r \sin \theta \\ y = \frac{d}{2} \sin 2\theta + r \cos \theta \end{cases}$$

計算の詳細は、[6] を見ていただきたいが、赤い円盤の動きは非常に興味深い。Web では多くの関連する動画を見つめることができるが、[10] は軸間の距離が変化しながら回転力が伝わる様子がよく分かるものとなっている。

物理で角速度等を学んだ後であれば、その演習として授業内で生徒と一緒に考えていくのも良いと思う。

4 終わりに

「こんなところにカージオイド!」「凄いぞ! オルダム」というレポートである。カージオイド

については、筆者の興味・関心を広げてくれた N 君に感謝したい。また、オルダム継手に限らず、西山先生の Web ページからは多くのヒントをいただいている。

今後も、教科書の内容にとどまらず、広く数学に関するネタを集めて授業に還元していきたいと思う。

最後に、カージオイドの画像利用に許可をいただいた、株式会社オーディオテクニカ様にお礼申し上げます。

参考文献等

- [1] 長尾良平「曲線を愛でつつ One more thing」第 127 回数学教育実践研究会レポート
- [2] マイクロホンを知る
<https://www.audio-technica.co.jp/microphone/navi/whatis/02-02.php>
- [3] 小暮裕明/小暮芳江著「アンテナの仕組み」講談社 BLUE BACKS
- [4] 草間裕介研究室「無線方位測定」
https://www.kusamalab.org/experiment/cn5/T5_df_slide.pdf
- [5] Homepage of Yutaka Nishiyama
<http://yutaka-nishiyama.sakura.ne.jp/>
- [6] 西山豊「オルダム継手からエアコンまで」
http://yutaka-nishiyama.sakura.ne.jp/math2010j/oldham_j.pdf
- [7] たなかじゅん著「ナッチャン」第 1 巻 集英社
- [8] 鈴木健司・森田寿郎著「基礎から学ぶ機構学」オーム社
- [9] 岩本太郎著「実用メカニズム事典：機械設計の発想力を鍛える機構 101 選」森北出版
- [10] Oldham coupling
<https://www.youtube.com/watch?v=20qGTseDGiQ>