

分布定数線路の周波数特性

愛媛大学工学部

8531037m

祖父江匠真

1 はじめに

前回, 分布定数線路の周波数特性を調べたが, ゲインの値が正しくなかったのでプログラムを修正した.

2 分布定数線路の周波数特性

伝搬定数 は

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \quad (1)$$

より求めた.

図 1 の回路図について, 周波数特性を調べる.

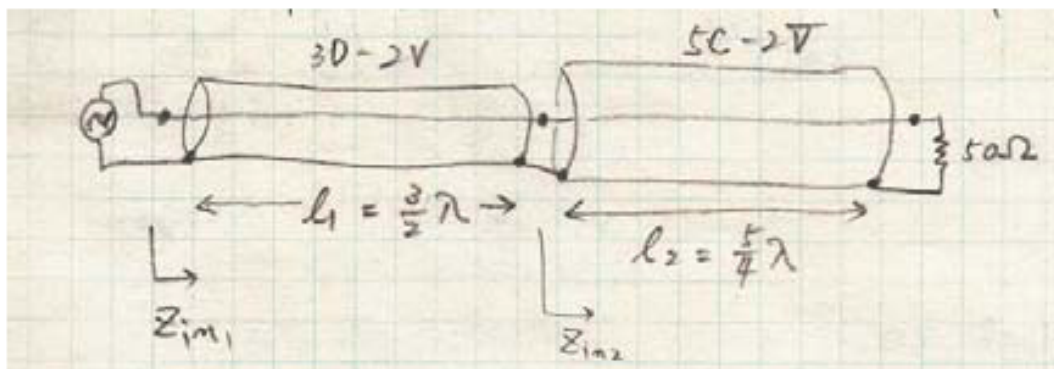


図 1: 回路図

周波数特性のグラフを出力するプログラムをソースコード 1 に示す.

ソースコード 1: 周波数特性

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import cmath
```

```

4
5
6 def calculateTheta(frequency_Hz, cableInfo):
7     """
8     伝搬定数 と同軸ケーブルの長さl の積を求める
9      $G = 0$ で計算する
10
11     Parameters
12     -----
13     frequency_Hz : float
14         周波数 (Hz)
15     cableInfo : dictionary
16         ケーブルの仕様
17     """
18     omega = 2 * np.pi * frequency_Hz
19
20     R_ohmPerM = cableInfo["resistance"] * 1000 # /m
21     L = 1.31 * 10 ** -7 # H/m
22     C_FperM = cableInfo["capacitance"] * 10 ** -12 # F/m
23     G = 0
24
25     gamma = cmath.sqrt((R_ohmPerM + omega * L * 1j) * (G + omega * C_FperM *
26         1j))
27     theta = gamma * cableInfo["cableLength"]
28     return theta
29
30 def createFMatrixForDcc(cableInfo, theta):
31     """
32     分布定数回路のF 行列を求める
33
34     Parameters
35     -----
36     cableInfo : dictionary
37         ケーブルの仕様
38     theta : float
39         伝搬定数 と同軸ケーブルの長さl の積
40     """
41     return np.array(
42         [
43             [cmath.cosh(theta), cableInfo["impedance"] * cmath.sinh(theta)],
44             [cmath.sinh(theta) / cableInfo["impedance"], cmath.cosh(theta)],
45         ]
46     )
47
48
49 def calculateInputImpedanceByFMatrix(Zr, frequency, cableInfo):
50     """
51     受電端に抵抗を接続した分布定数回路の入力インピーダンスを求める
52     与えられた周波数から入力インピーダンスを求める
53
54     Parameters
55     -----
56     Zr : float
57         受電端のインピーダンス
58     frequency : float
59         周波数

```

```

60     cableInfo : dictionary
61     """ ケーブルの仕様
62
63     # lを求める
64     theta = calculateTheta(frequency, cableInfo)
65     # 分布定数回路のF行列
66     f_matrix_dcc = createFMatrixForDcc(cableInfo, theta)
67     # 受電端のZrのF行列
68     f_matrix_Zr = np.array(
69         [
70             [1, 0],
71             [1 / Zr, 1],
72         ]
73     )
74
75     # 受信端にZrを接続した場合のf行列
76     f_matrix = np.dot(f_matrix_dcc, f_matrix_Zr)
77
78     return f_matrix[0, 0] / f_matrix[1, 0]
79
80 def createTransferFunction(Zr, frequency, cableInfo):
81     """
82     受電端に抵抗を接続した分布定数回路の伝達関数を求める
83
84     Parameters
85     -----
86     Zr : float
87         受電端のインピーダンス
88     frequency : float
89         周波数
90     cableInfo : dictionary
91         ケーブルの仕様
92     """
93
94     theta = calculateTheta(frequency, cableInfo)
95
96     R1 = 0 # 入力側の抵抗は0で考える
97     R2 = Zr
98
99     f_matrix_dcc = createFMatrixForDcc(cableInfo, theta)
100     A = f_matrix_dcc[0][0]
101     B = f_matrix_dcc[0][1]
102     C = f_matrix_dcc[1][0]
103     D = f_matrix_dcc[1][1]
104
105     return 1 / (A + B / R2 + R1 * C + (R1 / R2) * D)
106
107
108 # 5C-2V
109 alpha2_1mhz = 7.6
110 alpha2_10mhz = 25
111 alpha2_200mhz = 125
112 cable_5c2v = {
113     "cableLength": 5 / 4,
114     "impedance": 75, # 同軸ケーブルのインピーダンス
115     "capacitance": 67, # (nF/km)
116     "resistance": 35.9, # (M /km?)

```

```

117     "alphas": [alpha2_1mhz, alpha2_10mhz, alpha2_200mhz],
118 }
119
120 # 3D-2V
121 alpha1_1mhz = 13
122 alpha1_10mhz = 44
123 alpha1_200mhz = 220
124 cable_3d2v = {
125     "cableLength": 3 / 2,
126     "impedance": 50, # 同軸ケーブルのインピーダンス
127     "capacitance": 100, # (nF/km)
128     "resistance": 33.3, # (M /km?) https://www.systemgear.jp/kantsu/3c2v.php
129     "alphas": [alpha1_1mhz, alpha1_10mhz, alpha1_200mhz],
130 }
131
132 # 受端のインピーダンス
133 Zr = 50
134
135 # 単位はMHz (= 1 x 10^6 Hz)
136 frequencies_Hz = range(1, 4 * 10 ** 5, 100)
137 # frequencies_Hz = range(1, 10 * 10 ** 6, 10000)
138 frequencies = frequencies_Hz
139
140 transferFunctions1 = []
141 # 周波数ごとに伝達関数を求める
142 for frequency in frequencies:
143     # 5C-2V + Zr の回路の入力インピーダンスを求める
144     inputImpedance2 = calculateInputImpedanceByFMatrix(
145         Zr,
146         frequency,
147         cable_5c2v,
148     )
149
150     # 回路全体の伝達関数を求める
151     # transferFunctions2 = createTransferFunction(Zr, Z02, l2, frequency, alphas2)
152
153     # 5C-2V + Zr の回路の入力インピーダンスを受電端側の抵抗 Zr とする
154     transferFunction1 = createTransferFunction(inputImpedance2, frequency,
155         cable_3d2v)
156
157     transferFunctions1.append(transferFunction1)
158
159 # 周波数特性
160 fig, ax = plt.subplots()
161 ax.plot(frequencies, list(map(abs, transferFunctions1)), label="Gain")
162 ax.set_xlabel("frequency_1[Hz]")
163 ax.set_ylabel("Gain")
164 plt.show()

```

ソースコード 1 によって得られた周波数特性を図 2 に示す. 図 2 では の計算に, $G = 0$, R は図 3, 図 4 の導体抵抗 [20] の値を使用している.

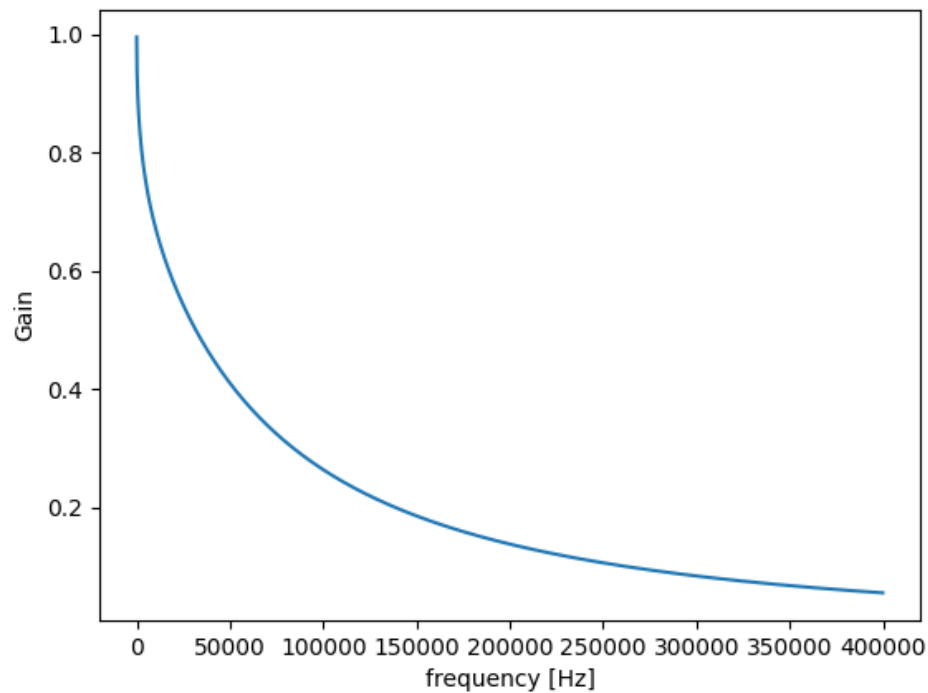


図 2: 周波数特性

項目 記号	導体抵抗	耐電圧	静電容量	絶縁抵抗	特性 インピーダンス	標準減衰量 dB/km	
	[20℃] MΩ-km (以下)	AC.V/ 1分間	nF/km (約)	MΩ-km (以下)	Ω	400MHz	900MHz
3D-2V	33.30	1000	100	1000	50±2	309	471

図 3: 3D-2V ケーブルの仕様

		5C-2V
両端処理		
内部導体	材質	
	素線本数/外径	1本/0.8mm
絶縁体	材質	
	外径	
外部導体 編組	材質	
	外径	
シース	材質	
	外径	7.2mm
	標準色	
	他色	白
支持線標準サイズ		—
概算質量		65kg/km
導体抵抗[20℃]		35.9MΩ·km
耐電圧		
静電容量		
絶縁抵抗		
特性インピーダンス		
標準減衰量	10MHz	—
	220MHz	131dB/km
	770MHz	263dB/km

図 4: 5C-2V ケーブルの仕様

また, $R = 0$, $G = 0$ で を計算した際の周波数特性を図 5 に示す.

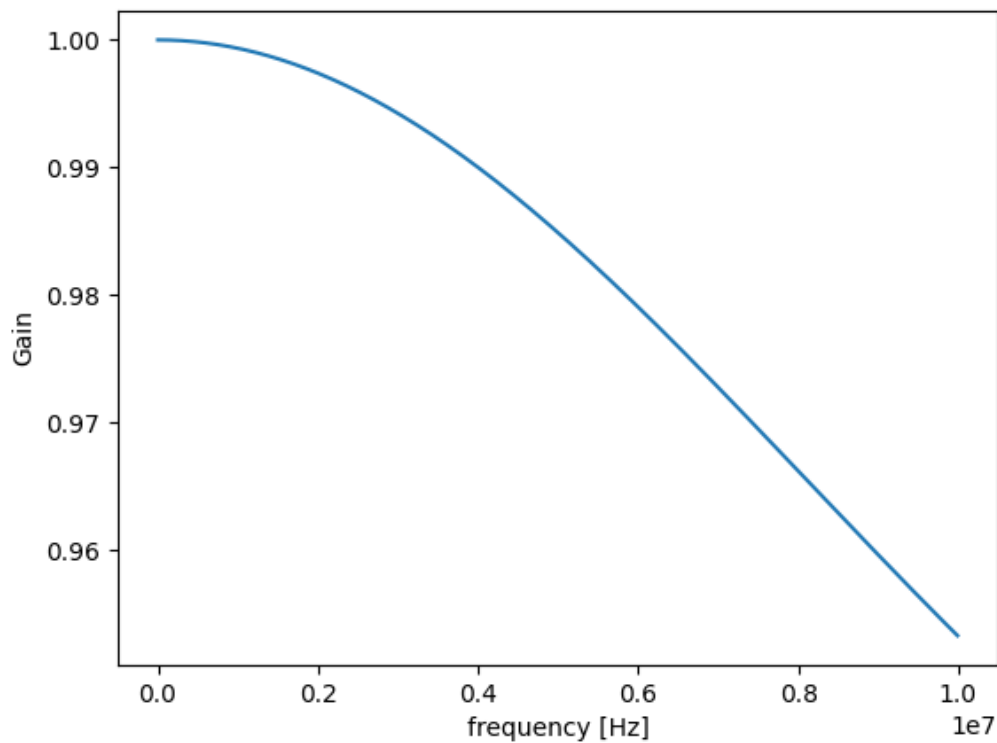


図 5: 無損失線路の周波数特性

3 おわりに

今回は, 分布定数線路の周波数特性のグラフの縦軸を修正した.

参考文献

- [1] 都築, "2020Q4-応用通信工学 II-都築 ", moodle 内, 参照 December 8,2021.
- [2] システムギアダイレクト, "3D-2V 無線用同軸ケーブル", <https://www.systemgear.jp/kantsu/3d2v.php>, 参照 December 8,2021.
- [3] システムギアダイレクト, "5C-2V 同軸ケーブル ", <https://www.systemgear.jp/kantsu/5c2v.php>, 参照 December 8,2021.