

名古屋工業大学 正会員 池守 昌幸
名古屋工業大学 学生員 溝上 章志

§1. はじめに

本報告は一般区間の軌道狂いをその狂いの大きさの程度によつて区別し、それぞれの状態におけるパワースペクトル密度(P.S.D.)の差異と特性をあきらかにしようとするものである。PSDを求めるのにはBurgのアルゴリズムを使用した。本報告の3節に軌道狂いデータ分析にこのBurg法の適用の可能性を述べている。そして脱線箇所等の特殊箇所の分析をBurg法を用いて行ない、その特異な特性を明らかにしていく。

§2. 一般区間の特性

一般区間における軌道狂いデータを線級別に分類分析したものは既に発表されているが、ここでは1〜3級線各20ヶ所、4級線19ヶ所の全79ヶ所のデータを軌道狂いの分散の度合(σ 値)を基準として3つのランク(悪い; $\sigma 1$, 普通; $\sigma 2$, 良好; $\sigma 3$)に分け、高低・通り・水準の各軌道狂いについて分析した。下級線になるにつれて $\sigma 1$ ランクに分類されるケースが多く、各軌道狂いの種類とも $\sigma 1$ に分類されるような箇所がかなり多い。各狂い各ランクごとのPSDの形状と値のサンパル平均を図2-1に示す。第1ピーク8.5m、第2ピーク12.5m、第3ピーク25mの波長にPSDのピークが出現し、狂い状態の悪化に伴いPSD値もかなり大きくなる。各々のサンパルにおける8.5m、12.5m、25mでのピーク出現率をランクごとに求めた結果を表2-1に示すが、通り狂いについては第1・第2ピーク波長で60%以上の出現率であり、第3ピークでも40%であり一特性と見なせるが、水準では第2・第3、高低で第3ピーク波長での出現率が低い。データ数をさらに増やして明確な特性を解明していく必要がある。

さらにPSD形状を普通用いられている式 $S(w) = Aw^n$ の形の関数のあてはめを行なうと表2-2のようになる。高低狂い、通り狂いではピークの出現する波長付近を除いてこの式があては

まるが、水準狂いの0.0140~0.0401 Hz の範囲は形状が異なり、 Aw^n の形は適当でない。上式によるPSDに対する、ピーク値の出現する波長における実際値の倍率は $\sigma 1$ ランクでは3倍前後になっているが、これはピークの特異性を説明するものであり、一般区間のスペクトル特性とすること

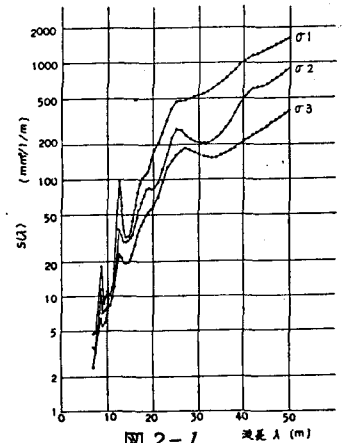


図2-1

σ	通り狂い			水準狂い			高低狂い		
	ピーク波長	ピーク値	出現率	ピーク波長	ピーク値	出現率	ピーク波長	ピーク値	出現率
1	8.5	6.22	26	11.5	16	0	0	0	12
	8.5	18.66	7	26.9	61.5	0	0	44.4	44.4
	9.0	2	96.3	6	23.3	0	0	0	0
2	12.0	5	18.5	23	11.5	11	7	25.9	19
	12.5	13	48.2	85.2	4	15.4	42.3	9	33.3
	13.0	2	18.5	2	12.5	0	0	0	70.4
3	24.0	2	7.4	2	7.1	15	5	18.3	8
	25.0	5	18.5	44.4	0	0	0	0	0
	26.0	5	18.5	19.2	5	11.5	5	11.5	29.6
1	11.1	11	24	3.7	22	5	19.7	20	0
	17	63.0	88.9	15	55.2	81.5	17	44.2	78.9
	14.8	4	14.8	6	22.2	11.5	11.5	0	0
2	1	3.7	16	2	11.1	13	7	26.9	18
	9	33.3	59.3	6	22.2	55.6	9	34.6	69.2
	11.1	11	4	14.0	7	3	11.5	6	0
3	4	14.8	40.7	2	7.4	25.9	7	11.5	23.1
	5	18.5	10	2	7.4	25.9	7	11.5	23.1
	12.0	5	18.5	23	11.5	11	7	25.9	19
1	15	60.0	92.0	10	58.5	20	15	50.0	73.1
	12.0	5	18.5	23	11.5	11	7	25.9	19
	12.0	5	18.5	23	11.5	11	7	25.9	19
2	4	18.0	20	3	11.5	12	4	15.4	16
	8	32.0	60.0	6	23.3	46.2	8	30.0	61.5
	8	32.0	60.0	6	23.3	46.2	8	30.0	61.5
3	2	8.0	5	19.2	14	0	0	0	7
	8	32.0	60.0	6	23.3	46.2	8	30.0	61.5
	1	4.0	20.0	5	19.2	14	0	0	7

表2-1

σ	による 区分	A		n	
		0.0140 ~0.0401	0.0421 ~0.1480	0.0140 ~0.0401	0.0421 ~0.1480
高低	1	0.0479	0.2979	-2.58	-2.02
	2	0.0126	0.1337	-2.89	-2.14
	3	0.0050	0.0813	-3.04	-2.13
水準	1	61.659	0.1879	-0.26	-1.96
	2	37.153	0.2904	-0.23	-1.71
	3	6.8077	0.2234	-0.51	-1.68
通り	1	0.1828	0.0020	-2.35	-3.73
	2	0.0275	0.0052	-2.68	-3.25
	3	0.1816	0.0068	-2.00	-3.04

表2-2

ができる。

§3. Burg法の適用性

Burg法の分析能力の検討と実際の軌道狂いデータの波形解析の信頼性を得るINPUTデータ数やデータ間隔を知るために入力波形をシュミレートする。入力波は正弦波と振幅の10%のランダム波の合成波、異なる2波長をもつ合成波等を入力し、入力波形の波長とPSDとの応答を検討する。出力の一例が図3である。Burg法はその分離能力や平滑性においてFFT法より一層はるかにすぐれた能力を持ち、不規則振動のスペクトル解析には非常に有用であり、線形合成波を正確に検出できる。入力データは正確なPSDを得るためには、約500個のデータが必要十分であり、含有波長の分離だけを目的とする時は50個でもかなり正確に分離できる。データ長を100mと一定にレデータ間隔を変えてシュミレートすると、軌道狂いのオーダー（振幅20mm・波長10m）であれば0.5m間隔200個をサンプルすれば

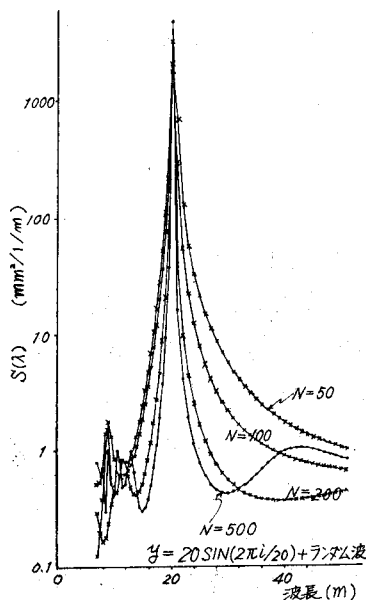


図3

は正確にPSDも分離検出できる。しかしBurg法は低周波数域の周波数成分の分離が高周波数域での成分の分離能よりも悪い傾向にある。

§4. 特殊箇所に対する分析と解釈

Burg法によるPSDを特殊箇所、ここでは脱線箇所に応用し、一般区間軌道狂いとの比較を行ない脱線箇所の特性を検出し脱線の原因の要素を解明していく。通り狂いについてサンプル平均のPSDを示したのが図4である。脱線箇所においては、通り・水準狂いともσ1ランクの一般区間よりも14m以上の波長域でかなり大きなPSD値を示しており、23mでのピークが非常に卓越している。各脱線箇所におけるPSDは、ピークを2つ以上もうそのうちの1つだけが著しく卓越している形状を示すものが6割以上をしめ、脱線箇所のスペクトル特性となっている。脱線原因の1つである通り狂いと水準狂いの逆位相複合の検出のために、これまで複合狂いペリオドグラムが用いられてきたが、ここで両狂いのクロススペクトルのコヒーレンスを求めたところ、複合狂いペリオドグラムとはほぼ対応している。また2軸貨車の走行特性による原因だけでは説明できない脱線箇所ではコヒーレンス値が一般区間よりもかなり大きくなっていて逆位相複合を説明している。

§5. まとめ

(1) 一般区間には各狂いごとにほぼ一定の特性があり、それはおおよその目安として図2-1や表2-2を用いて表わされる。

(2) Burg法は軌道狂いの不規則振動データのスペクトル解析には非常に有用であり、FFT法よりも分析能力がすぐれている。

(3) 脱線箇所にはその区間特有の軌道狂いのスペクトル特性をもっており、その特性が脱線の原因の一つになっていると考えられる。

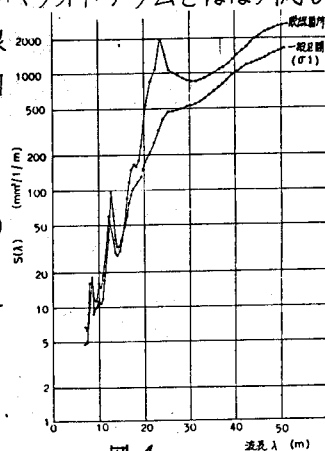


図4

参考文献 日野幹雄“スペクトル解析” 池守昌幸“軌道狂いの波形解析法に関する研究”