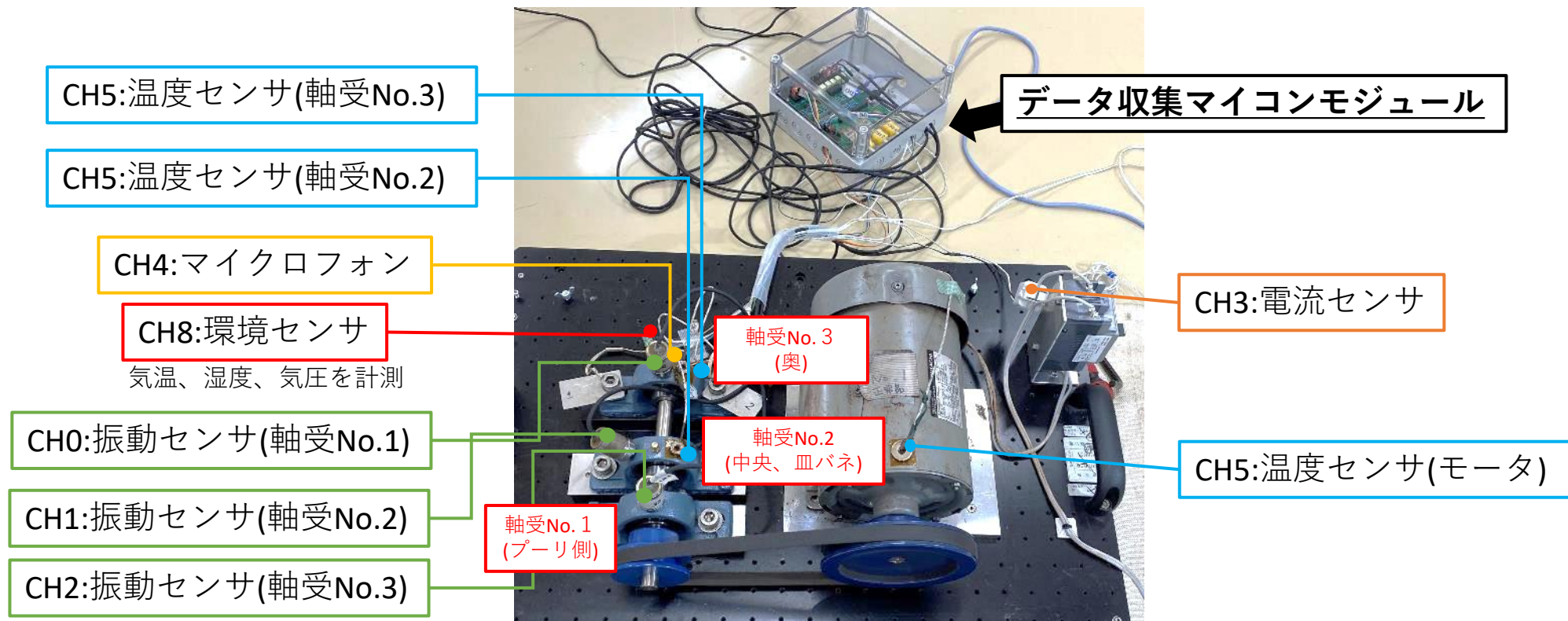


試験 1 3 の軸受寿命加速試験（計測データの収集、センサの設置）

軸受等寿命加速試験

モータエミュレータの軸受No.3に対して直角方向に大荷重をかけた状態でモータを回転させ、**様々なセンサ**（下図は5種類9センサ）で故障に至る計測データを収集・分析し、**軸受の自動診断ソフトウェアを開発**した。

< 試験構成 >

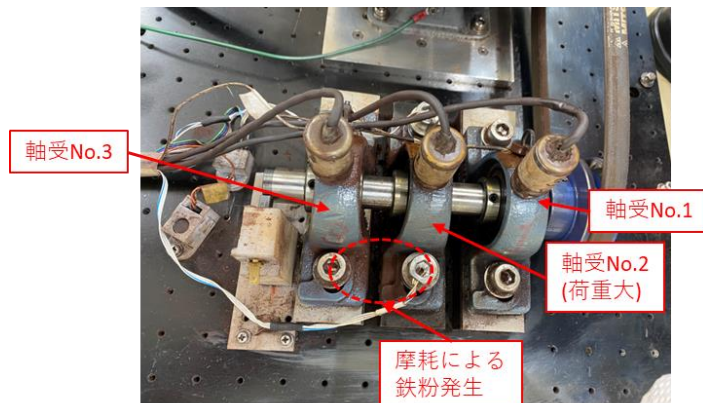


試験 1 3 の軸受寿命加速試験概要

試験名	ラジアル荷重[kN]			試験形態	試験時間 [h]	試験終了 理由	異常原因
	軸受 No.1	軸受 No.2	軸受 No.3				
試験13	1.5	3.0	1.5	2 4 h 連続運転	377	騒音、 負荷異常	軸摩耗 <ul style="list-style-type: none"> 軸受No.2付近の軸の摩耗（中央軸受の止ねじが摩耗し、空転、振動発生） 軸受異常 <ul style="list-style-type: none"> 内輪、外輪、ボールに多数のキズ（軸受No. 2が最も重傷） 軸受No. 2のグリス炭化

試験経過概要)

- ① 軸はこれまで軸折がない焼入れ炭素鋼(SC45C)Φ20mmとした。電食再現試験も継続して実施。出力軸の速度は3780rpm程度に設定して実施した。
- ② 経過時間24.0hで軸受No.2のラジアル負荷を測定している軸力計測ボルトを交換し、ラジアル負荷を調整した。
- ③ 試験時間経過とともに負荷電流が単調増加。320h経過から音が大きくなり、377h後には騒音と振動で試験終了。負荷電流実効値は367hにおいて0.69Aから0.58Aに低下した。
- ④ 試験後に軸と軸受の状態を確認（写真2）
 - ・ 軸受No.2と軸受No.3の間に摩耗による鉄粉が発生（軸の摩耗による鉄粉と思われる）



試験開始直後（正常時）



試験終了直前（異常時）



試験 1 3 の軸受寿命加速試験（計測・収集した c s v データの説明）

特徴量の先頭の数字は
該当する C H 番号

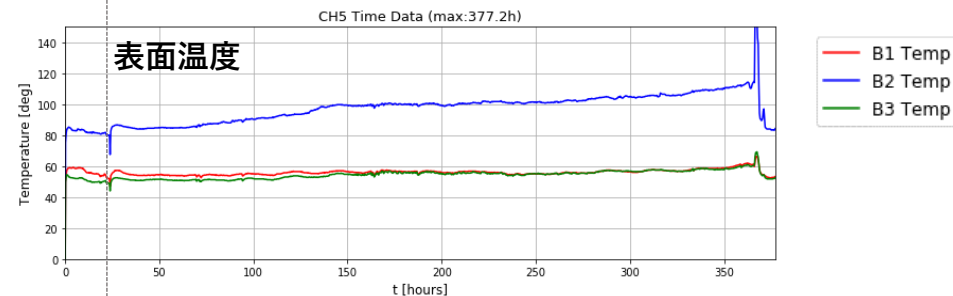
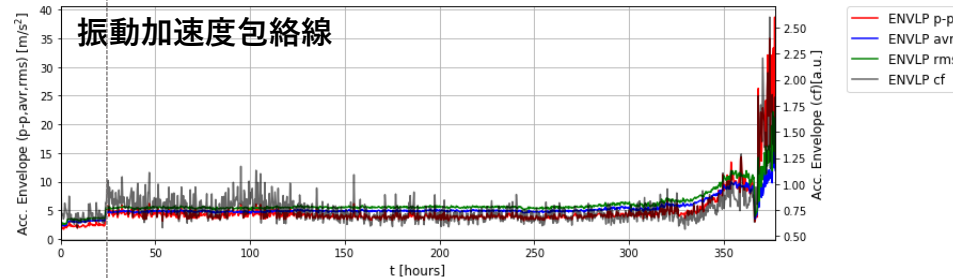
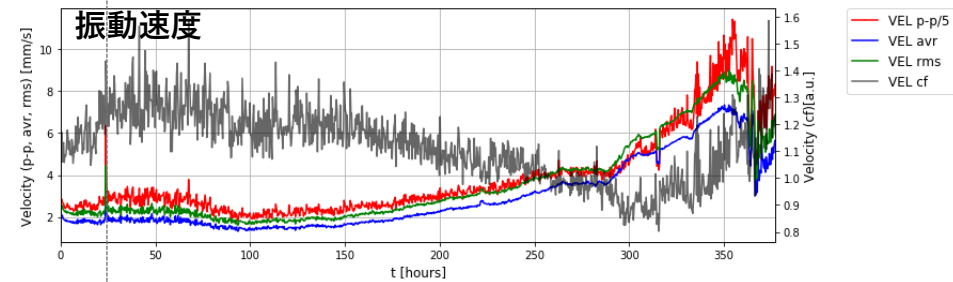
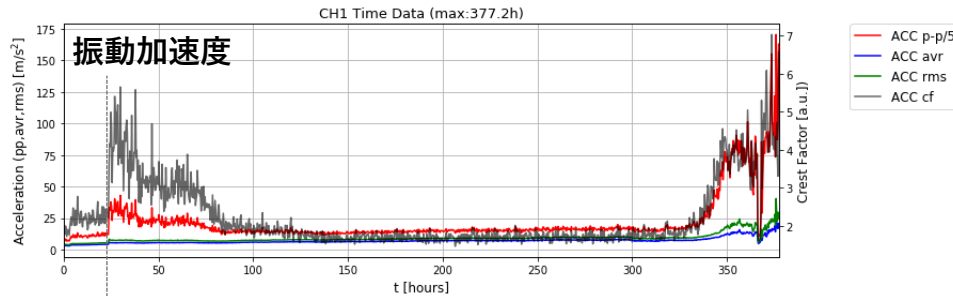
黄色の箇所は後述の
軸受診断ソフトウェア
で使用している特徴量

No.	特徴量等（列要素）の説明, ()内は単位	内容
1	Japan_time(unix epoch)	日本時間（UNIX エポック）、単位はseconds
2	date	日本時間（年月日24時間表示）
3	Elapsed time(hours)	軸受寿命加速試験の経過時間、単位はhours
4	0.acc_pp(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度のピークtoピーク値
5	0.acc_avr(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度の平均値
6	0.acc_rms(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度的実効値
7	0.acc_cf(a.u.)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度の波高率（クレストファクタ）
8	0.rubbing_lvl(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値
9	0.vel_pp(mm/s)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動速度のピークtoピーク値
10	0.vel_avr(mm/s)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動速度の平均値
11	0.vel_rms(mm/s)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動速度の実効値
12	0.vel_cf(a.u.)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動速度の波高率（クレストファクタ）
13	0.envelop_pp(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度包絡線のピークtoピーク値
14	0.envelop_avr(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度包絡線の平均値
15	0.envelop_rms(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度包絡線の実効値
16	0.envelop_cf(a.u.)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度包絡線の波高率（クレストファクタ）
17	0.vel_rpm(Hz)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の推定回転数（振動速度の F F T ピーク値から推定）
18	0.vel_rpm_val(mmm/s)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の推定回転数の F F T ピーク値
19	0.outer_Pre_Hz(Hz)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の外輪キズ周波数（軸受の寸法形状と推定回転数から推定）
20	0.outer_Hz(Hz)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の外輪キズ周波数（振動加速度包絡線の F F T ピーク値から推定）
21	0.outer_Hz_val(m/s2)	CH0(軸受No.1 ブーリー)の外輪キズ周波数の F F T ピーク値
22	1.acc_pp(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度のピークtoピーク値
23	1.acc_avr(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度の平均値
24	1.acc_rms(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度的実効値
25	1.acc_cf(a.u.)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度の波高率（クレストファクタ）
26	1.rubbing_lvl(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値
27	1.vel_pp(mm/s)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動速度のピークtoピーク値
28	1.vel_avr(mm/s)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動速度の平均値
29	1.vel_rms(mm/s)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動速度の実効値
30	1.vel_cf(a.u.)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動速度の波高率（クレストファクタ）
31	1.envelop_pp(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度包絡線のピークtoピーク値
32	1.envelop_avr(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度包絡線の平均値
33	1.envelop_rms(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度包絡線の実効値
34	1.envelop_cf(a.u.)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度包絡線の波高率（クレストファクタ）
35	1.vel_rpm(Hz)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の推定回転数（振動速度の F F T ピーク値から推定）
36	1.vel_rpm_val(mmm/s)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の推定回転数の F F T ピーク値
37	1.outer_Pre_Hz(Hz)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の外輪キズ周波数（軸受の寸法形状と推定回転数から推定）
38	1.outer_Hz(Hz)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の外輪キズ周波数（振動加速度包絡線の F F T ピーク値から推定）
39	1.outer_Hz_val(m/s2)	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の外輪キズ周波数の F F T ピーク値
40	2.acc_pp(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度のピークtoピーク値
41	2.acc_avr(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度の平均値
42	2.acc_rms(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度的実効値
43	2.acc_cf(a.u.)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度の波高率（クレストファクタ）
44	2.rubbing_lvl(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値
45	2.vel_pp(mm/s)	CH2(軸受No.3 奥)の振動速度のピークtoピーク値
46	2.vel_avr(mm/s)	CH2(軸受No.3 奥)の振動速度の平均値
47	2.vel_rms(mm/s)	CH2(軸受No.3 奥)の振動速度の実効値
48	2.vel_cf(a.u.)	CH2(軸受No.3 奥)の振動速度の波高率（クレストファクタ）
49	2.envelop_pp(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度包絡線のピークtoピーク値
50	2.envelop_avr(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度包絡線の平均値

No.	特徴量等（列要素）の説明, ()内は単位	内容
51	2.envelop_rms(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度包絡線の実効値
52	2.envelop_cf(a.u.)	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度包絡線の波高率（クレストファクタ）
53	2.vel_rpm(Hz)	CH2(軸受No.3 奥)の推定回転数（振動速度の F F T ピーク値から推定）
54	2.vel_rpm_val(mmm/s)	CH2(軸受No.3 奥)の推定回転数の F F T ピーク値
55	2.outer_Pre_Hz(Hz)	CH2(軸受No.3 奥)の外輪キズ周波数（軸受の寸法形状と推定回転数から推定）
56	2.outer_Hz(Hz)	CH2(軸受No.3 奥)の外輪キズ周波数（振動加速度包絡線の F F T ピーク値から推定）
57	2.outer_Hz_val(m/s2)	CH2(軸受No.3 奥)の外輪キズ周波数の F F T ピーク値
58	4.sound_pp(mV)	CH4(音センサ)出力のピークtoピーク値
59	4.sound_avr(mV)	CH4(音センサ)出力の平均値
60	4.sound_rms(mV)	CH4(音センサ)出力の実効値
61	4.sound_cf(a.u.)	CH4(音センサ)出力の波高率（クレストファクタ）
62	3.current_pp(A)	CH3(モータ負荷電流センサ)出力のピークtoピーク値
63	3.current_avr(A)	CH3(モータ負荷電流センサ)出力の平均値
64	3.current_rms(A)	CH3(モータ負荷電流センサ)出力の実効値
65	3.current_cf(a.u.)	CH3(モータ負荷電流センサ)出力の波高率（クレストファクタ）
66	5.temp_b1(deg)	CH5(軸受No.1 ブーリーの表面温度)出力、単位は摂氏
67	5.temp_b2(deg)	CH5(軸受No.2 中央の表面温度)出力、単位は摂氏
68	5.temp_b3(deg)	CH5(モータの表面温度)出力、単位は摂氏
69	6.temperature(deg)	CH6(環境気温)出力、単位は摂氏
70	6.humidity(%)	CH6(環境湿度)出力
71	6.pressure(hPa)	CH6(環境気圧)出力
72	0.rub_min	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値（0.5日間）の最低値
73	0.rub_rate	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値（0.5日間）の現在値と最低値の比
74	1.rub_min	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値（0.5日間）の最低値
75	1.rub_rate	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値（0.5日間）の現在値と最低値の比
76	2.rub_min	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値（0.5日間）の最低値
77	2.rub_rate	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度の高周波成分(5k-10kHz)の平均値（0.5日間）の現在値と最低値の比
78	sound_min	音センサ出力の0.5日間平均の最低値
79	sound_rate	音センサ出力の0.5日間平均の最低値と、その時の平均値または瞬間値（どちらか大きい方）との比
80	sound_alert_flg	sound_rateが2.0以上であるか(True=1, False=0)
81	sound_alert_cnt	sound_alert_flgが1の状態の継続数
82	sound_alert_out	sound_alert_flgが立っている場合（1の時）に1を出力
83	current_CV_rms	モータ負荷電流の実効値の0.5日間の変動係数の現在値
84	current_CV_min	モータ負荷電流の実効値の0.5日間の変動係数の最低値
85	current_CV_rate	モータ負荷電流の実効値の現在値と最低値の比
86	current_alert_flg	current_CV_rateが2.0以上であるか(True=1, False=0)
87	current_alert_out	current_alert_flgが立っている場合（1の時）に1を出力
88	0.acc_alert	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度的アラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
89	0.vel_alert	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動速度のアラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
90	0.envelop_alert	CH0(軸受No.1 ブーリー)の振動加速度包絡線のアラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
91	0.alert_lvl	CH0(軸受No.1 ブーリー)の軸受診断の異常度の総合判定（0 = 正常, 1, 2, 3, 4, 5 = 緊急事態）
92	1.acc_alert	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度的アラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
93	1.vel_alert	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動速度のアラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
94	1.envelop_alert	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の振動加速度包絡線のアラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
95	1.alert_lvl	CH1(軸受No.2 中央、血バネ)の軸受診断の異常度の総合判定（0 = 正常, 1, 2, 3, 4, 5 = 緊急事態）
96	2.acc_alert	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度的アラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
97	2.vel_alert	CH2(軸受No.3 奥)の振動速度のアラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
98	2.envelop_alert	CH2(軸受No.3 奥)の振動加速度包絡線のアラート（正常=0, 注意=1, 異常=2）
99	2.alert_lvl	CH2(軸受No.3 奥)の軸受診断の異常度の総合判定（0 = 正常, 1, 2, 3, 4, 5 = 緊急事態）

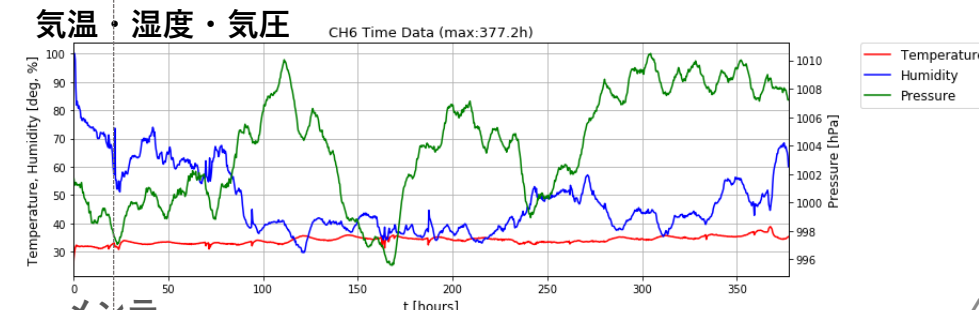
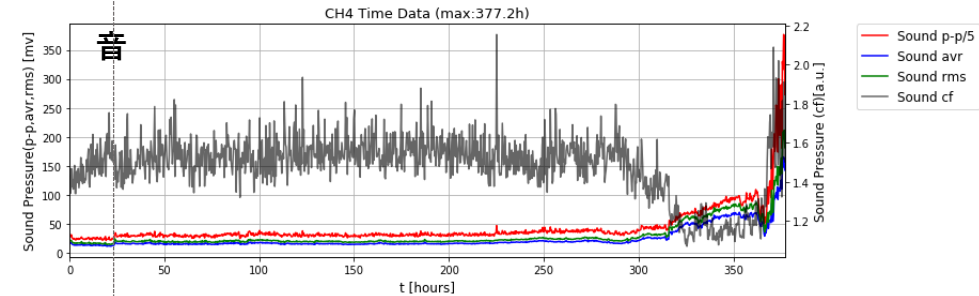
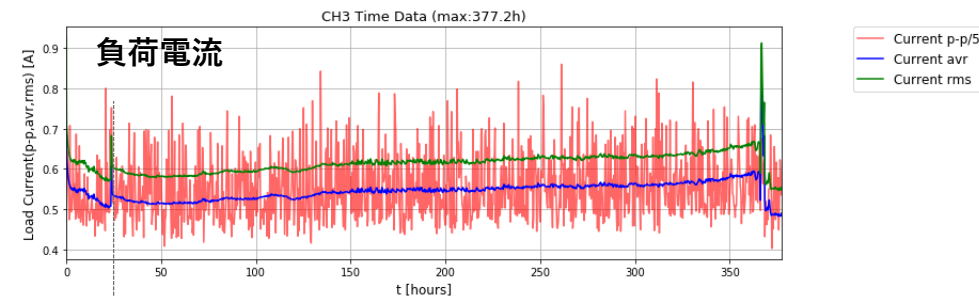
(参考) 試験 1 3 の軸受寿命加速試験における収集データ

試験 1 3 (6 月 1 2 日～6 月 2 8 日 3 7 7 h) の収集データ結果 (中央軸受、ラジアル負荷大(皿バネ))



メンテ

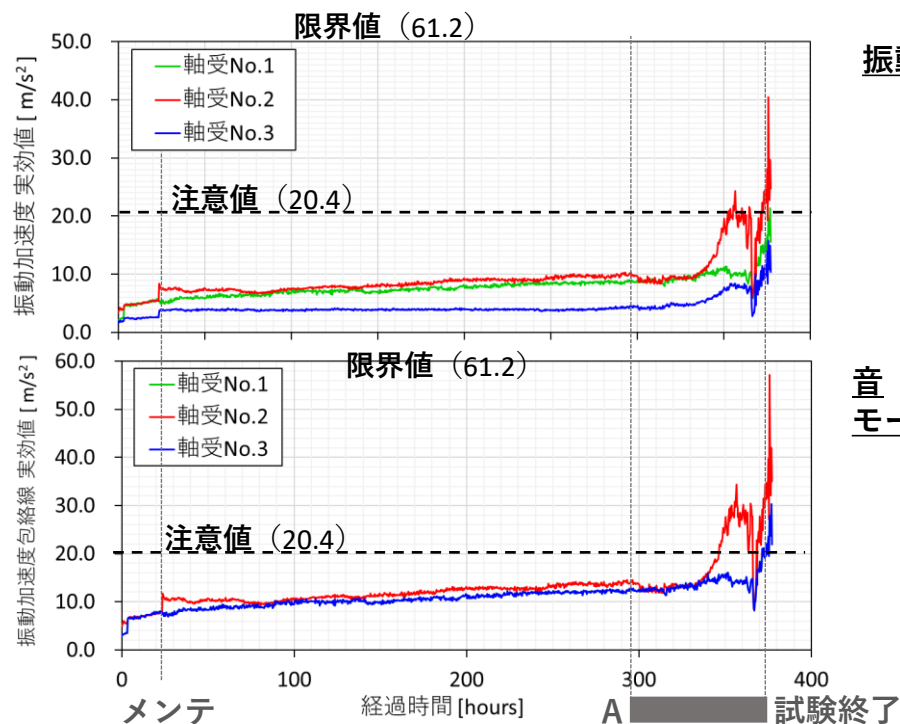
軸受毎に振動データを収集



メンテ

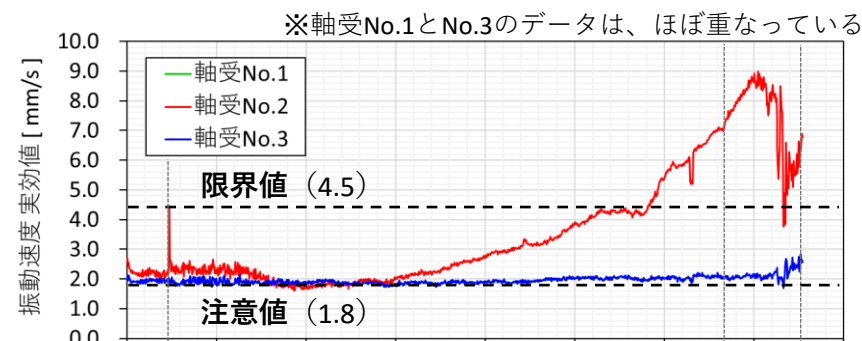
試験13を開発した軸受診断ソフトウェアで判定し、診断が妥当であることを確認した。

振動加速度



※軸受No.1とNo.3のデータは、ほぼ重なっている

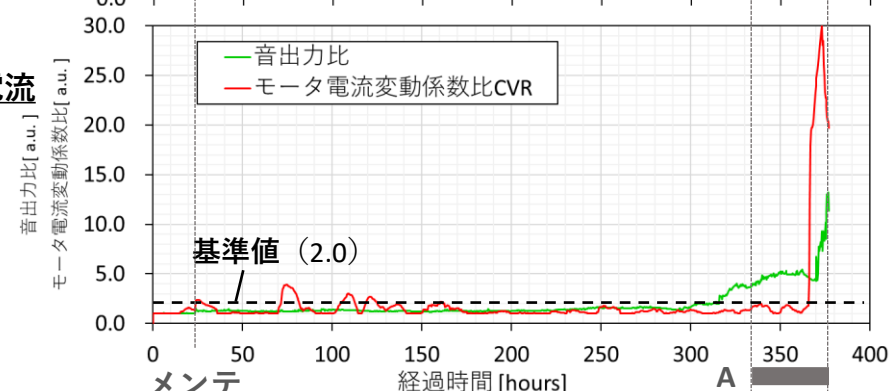
振動速度



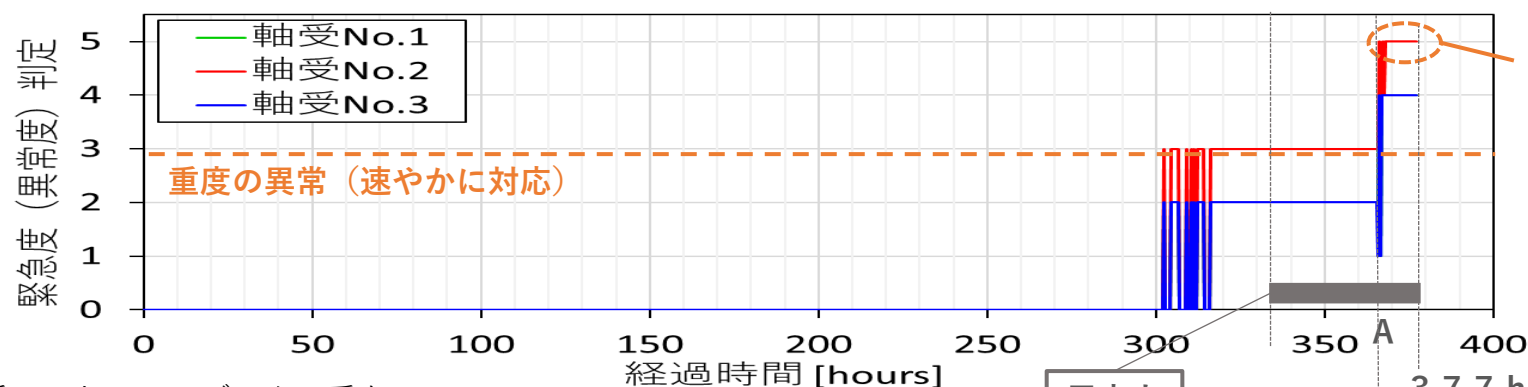
※軸受No.1とNo.3のデータは、ほぼ重なっている

振動加速度
包絡線

音
モータ電流



診断結果



※軸受No.1とNo.3のデータは重なっている

緊急事態
(手遅れに近い)

異音大

367h軸が摩耗により滑り始める
377h試験終了