

人工心臓用磁気軸受の最適設計、茨城講演会講演論文集、3-36、2006

(5) 橋本健児、草間淳、加藤綾子、岸田晶夫、木村剛、木村孝之、増澤徹、ナノ振動が細胞に与える影響、第4回生活支援工学系学会連合大会講演予稿集、85、2006

(6) 濱口崇志、加藤綾子、岸田晶夫、木村剛、樋上哲哉、増澤徹、振動エネルギー利用による生体接合技術の開発、第4回生活支援工学系学会連合大会講演予稿集、78、2006

(7) 濱口崇志、加藤綾子、尾関和秀、岸田晶夫、木村剛、樋上哲哉、増澤徹、振動エネルギー利用による生体接合技術の開発、人工臓器、35、2、S-101、2006

表 C.1 接着実験結果一覧

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイル	接着 強さ [N]	単位長さあ たりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位長さあた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
7		110	1.9	180	-	0.74	0.09	角				200606_1	11
7		110	1.6	180	-	0.55	0.07	角				200606_1	12
7		110	1.7	180	-	0.32	0.04	角				200606_1	13
12	0.4	110	4.6	120	-	0.59	0.12	角				200602_2	27
12	10	110	2.6	180	-	0.33	0.07	角				200602_2	21
-	-	110	3.2	180	-	0.00	0.00	角				200602_2	25
12	10	50	4.5	120	-	0.00	0.00	角				200602_2	19
12	10	70	4.3	120	-	0.20	0.04	角				200602_2	18
-	-	70	5.1	120	-	0.00	0.00	角				200602_2	24
-	-	80	4	180	-	0.18	0.04	角				200609_1	10
-	-	80	4	180	-	0.20	0.04	角				200609_1	11
-	-	80	4	180	-	0.28	0.06	角				200609_1	12
12	10	90	4.3	120	-	0.36	0.07	角				200602_2	17
12	10	90	4.2	240	-	0.57	0.11	角				200602_2	14
-	-	110	4	10	-	0.00	0.00	角				200609_2	13
-	-	110	4	20	-	0.00	0.00	角				200609_2	15
-	-	110	4	20	-	0.00	0.00	角				200609_2	16
-	-	110	4	30	-	0.04	0.01	角				200609_2	12
-	-	110	4	30	-	0.00	0.00	角				200609_2	14
-	-	110	4	30	-	0.00	0.00	角				200609_2	17
-	-	110	4	30	-	0.00	0.00	角				200609_2	18
12	2.4	110	4.60-5.04	60	-	0.00	0.00	角				200603_1	1
12	2.4	110	4.34-4.75	60	-	0.00	0.00	角				200603_1	3
12	2.4	110	4.80-5.52	60	-	0.17	0.02	角				200603_1	4
12	2.4	110	4.61-4.98	60	-	0.27	0.03	角				200603_1	19
12	10	110	4.2	60	-	0.39	0.08	角				200602_2	13
-	-	110	4	60	-	0.16	0.03	角				200609_2	11
7		110	6.1	120	-	0.00	0.00	角				200602_2	11
12	2.4	110	4.81-5.14	120	-	0.30	0.04	角				200603_1	5
12	2.4	110	4.58-5.01	120	-	1.12	0.14	角				200603_1	6
12	2.4	110	3.94-5.12	120	-	0.00	0.00	角				200603_1	7
12	2.5	110	4	120	-	0.70	0.09	角				200603_2	22
12	2.5	110	4	120	-	0.79	0.10	角				200603_2	23
12	10	110	5.4	120	-	0.98	0.20	角				200602_2	12
15		110	3.8	120	-	0.14	0.03	角				200602_2	4
-	-	110	4.3	120	-	0.00	0.00	角				200602_2	22
-	-	110	4	120	-	0.23	0.05	角				200609_2	1
-	-	110	4	120	-	0.76	0.15	角				200609_2	4
-	-	110	4	120	-	1.11	0.22	角				200609_2	7
7		110	4.5	180	-	1.00	0.12	角				200606_1	1
7		110	4.7	180	-	0.16	0.02	角				200606_1	2
7		110	5.0	180	-	1.19	0.15	角				200606_1	3
7		110	4.2	180	-	0.24	0.05	角				200602_2	10

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイル	接着 強さ [N]	単位長さあ たりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位長さあた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
9		110	4.6	180	-	0.34	0.04	角				200606_1_	4
9		110	4.6	180	-	1.08	0.14	角				200606_1_	6
9		110	4.6	180	-	0.71	0.09	角				200606_1_	8
9		110	4.6	180	-	0.58	0.07	角				200606_1_	10
12	2	110	4	180	-	0.20	0.03	角				200607_1_	1
12	2	110	4	180	-	0.51	0.08	角				200607_1_	2
12	2	110	4	180	-	0.40	0.07	角				200607_1_	3
12	2	110	4	180	-	0.00	0.00	角				200607_1_	4
12	2	110	4	180	-	0.00	0.00	角				200607_1_	5
12	2	110	4	180	-	0.43	0.07	角				200607_1_	6
12	2	110	4	180	-	0.58	0.12	角				200608_1_	1
12	2	110	4	180	-	0.38	0.08	角				200608_1_	2
12	2	110	4	180	-	0.41	0.08	角				200608_1_	3
12	2	110	4	180	-	0.63	0.13	角				200608_1_	4
12	2	110	4	180	-	0.59	0.12	角				200608_1_	5
12	2	110	4	180	-	0.57	0.11	角				200608_1_	6
12	2	110	4	180	-	0.91	0.18	角				200608_1_	7
12	2	110	4	180	-	1.03	0.21	角				200608_1_	8
12	2	110	4	180	-	1.15	0.23	角				200608_1_	9
12	2	110	4	180	-	0.71	0.14	角				200608_1_	10
12	2	110	4	180	-	0.83	0.17	角				200608_1_	11
12	2	110	4	180	-	0.85	0.17	角				200608_1_	12
12	2	110	4	180	-	0.80	0.16	角				200608_1_	13
12	2	110	4	180	-	0.09	0.02	角				200608_1_	14
12	2	110	4	180	-	0.04	0.01	角				200608_1_	15
12	2	110	4	180	-	0.90	0.18	角				200608_1_	16
12	2	110	4	180	-	1.14	0.23	角				200608_1_	17
12	2	110	4	180	-	0.52	0.10	角				200608_1_	18
12	2	110	4	180	-	1.73	0.35	角				200608_1_	19
12	2	110	4	180	-	0.15	0.03	角				200608_1_	20
12	2	110	4	180	-	0.24	0.05	角				200608_1_	21
12	2	110	4	180	-	0.66	0.13	角				200608_1_	22
12	2	110	4	180	-	0.51	0.10	角				200608_1_	23
12	2	110	4	180	-	0.09	0.02	角				200608_1_	24
12	2	110	4	180	-	0.79	0.16	角				200608_1_	25
12	2	110	4	180	-	1.62	0.32	角				200608_1_	26
12	2.25	110	4	180	-	0.37	0.05	角				200603_2_	13
12	2.25	110	4	180	-	0.87	0.11	角				200603_2_	14
12	2.25	110	4	180	-	1.16	0.15	角				200603_2_	15
12	2.25	110	4	180	-	0.52	0.07	角				200603_2_	16
12	2.25	110	4	180	-	0.71	0.09	角				200603_2_	17
12	2.25	110	4	180	-	0.64	0.08	角				200603_2_	18
12	2.25	110	4	180	-	1.03	0.13	角				200603_2_	19
12	2.25	110	4	180	-	0.88	0.11	角				200603_2_	20

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイール	接着 強さ [N]	単位長さあ たりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位長さあた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
12	2.25	110	4	180	-	0.58	0.07	角				200603_2	21
12	2.4	110	4.35-5.16	180	-	0.71	0.09	角				200603_1	8
12	2.4	110	3.97-5.43	180	-	0.32	0.04	角				200603_1	9
12	2.4	110	3.79-5.59	180	-	0.76	0.10	角				200603_1	10
12	10	110	4.5	180	-	0.13	0.03	角				200602_2	1
15		110	4.5	180	-		0.00	角				200606_1	5
15		110	4.7	180	-	0.46	0.06	角				200606_1	7
15		110	4.5	180	-	0.46	0.06	角				200606_1	9
-	-	110	4	180	-	0.21	0.04	角				200609_1	4
-	-	110	4	180	-	0.77	0.15	角				200609_1	5
-	-	110	4	180	-	0.68	0.14	角				200609_1	6
-	-	110	4	180	-	0.46	0.09	角				200609_1	19
-	-	110	4	180	-	0.64	0.13	角				200609_1	20
-	-	110	4	180	-	0.78	0.16	角				200609_1	21
-	-	110	4	180	-	0.61	0.12	角				200609_1	22
7		110	4.9	240	-	0.17	0.03	角				200602_2	23
12	2.4	110	4.54-5.62	240	-	0.49	0.06	角				200603_1	2
12	2.4	110	4.47-5.01	240	-	0.70	0.09	角				200603_1	11
12	2.4	110	4.26-5.54	240	-	0.81	0.10	角				200603_1	13
12	10	110	3.8	240	-	0.97	0.19	角				200602_2	2
12	10	110	5.4	240	-	1.05	0.21	角				200602_2	7
12	10	110	5.6	240	-	1.27	0.25	角				200602_2	8
15		110	3.6	240	-	0.70	0.14	角				200602_2	3
12	2.4	110	4.20-5.50	300	-	0.61	0.08	角				200603_1	14
12	2.4	110	4.68-5.58	300	-	0.71	0.09	角				200603_1	15
12	2.4	110	3.26-5.38	300	-	1.17	0.15	角				200603_1	16
-		110	4	300	-	0.67	0.13	角				200609_2	3
-		110	4	300	-	1.33	0.27	角				200609_2	6
-		110	4	300	-	1.35	0.27	角				200609_2	9
12	0.2	110	4	360	-	1.13	0.14	角				200603_2	10
12	0.2	110	4	360	-	0.81	0.10	角				200603_2	11
12	0.2	110	4	360	-	1.33	0.17	角				200603_2	12
12	0.4	110	4	360	-	0.72	0.09	角				200603_2	6
12	0.4	110	4	360	-	1.87	0.23	角				200603_2	7
12	0.4	110	4	360	-	1.14	0.14	角				200603_2	8
12	1	110	4	360	-	1.44	0.18	角				200603_2	3
12	1	110	4	360	-	0.32	0.04	角				200603_2	4
12	1	110	4	360	-	0.72	0.09	角				200603_2	5
12	2.4	110	3.88-5.62	360	-	1.05	0.13	角				200603_1	12
12	2.4	110	3.30-5.01	360	-	1.05	0.13	角				200603_1	17
12	2.4	110	3.44-5.51	360	-	0.84	0.11	角				200603_1	18
12	0.2	110	4	480	-	1.76	0.22	角				200603_2	9
12	2.5	110	4	480	-	1.52	0.19	角				200603_2	1
12	2.5	110	4	900	-	1.63	0.20	角				200603_2	2

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイル	接着 強さ [N]	単位長さあ たりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位長さあた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
12	10	130	4.4	120	-	0.98	0.20	角				200602_2	20
-		140	4	180	-	0.90	0.18	角				200609_1	7
-		140	4	180	-	0.91	0.18	角				200609_1	8
-		140	4	180	-	0.79	0.16	角				200609_1	9
9		-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	13
9		-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	15
9		-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	17
12	2	-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	1
12	2	-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	2
12	2	-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	3
15		-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	14
15		-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	16
15		-	4	180	-	0.00	0.00	角				200609_1	18
7		110	7.0	180	-	0.67	0.08	角				200606_1	14
7		110	6.9	180	-	0.69	0.09	角				200606_1	15
7		110	6.9	180	-	0.61	0.08	角				200606_1	16
-	-	110	4	1	○	0.00	0.00	角				200609_2	25
-	-	110	4	1	○	0.00	0.00	角				200609_2	29
-	-	110	4	1	○	0.00	0.00	角				200609_2	30
-	-	110	4	2	○	0.02	0.00	角				200609_2	26
-	-	110	4	2	○	0.02	0.00	角				200609_2	27
-	-	110	4	2	○	0.02	0.00	角				200609_2	28
-	-	110	4	2	○	0.00	0.00	角				200609_2	31
-	-	110	4	2	○	0.11	0.02	角				200609_2	32
-	-	110	4	3	○	0.01	0.00	角				200609_2	24
-	-	110	4	5	○	0.02	0.00	角				200609_2	22
-	-	110	4	10	○	0.13	0.03	角				200609_2	20
-	-	110	4	10	○	0.05	0.01	角				200609_2	21
-	-	110	4	20	○	0.05	0.01	角				200609_2	19
12	2	110	5	30	○	0.21	0.05	角				200609_3	2
-	-	110	5	30	○	0.04	0.01	角				200609_3	1
12	2	110	5	60	○			角				200609_3	4
12	2	110	5	60	○	0.21	0.05	角				200609_3	5
-	-	110	5	60	○	0.12	0.03	角				200609_3	3
12	2	110	5	90	○	0.28	0.06	角				200609_3	7
12	2	110	5	90	○	0.21	0.06	角				200609_3	10
-	-	110	5	90	○	0.47	0.09	角				200609_3	6
12	2	110	5	120	○	0.31	0.09	角				200609_3	9
-	2	110	5	120	○	0.61	0.15	角				200609_3	11
-	-	110	4	120	○	0.71	0.14	角				200609_2	2
-	-	110	4	120	○	0.77	0.15	角				200609_2	5
-	-	110	4	120	○		0.00	角				200609_2	8
-	-	110	4	120	○	0.33	0.07	角				200609_2	10

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイル	接着 強さ [N]	単位長さあ たりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位長さあた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
-	-	110	5		○	0.90	0.19	角				200609_3_	8
-	-	110	5		○	0.54	0.10	角				200609_3_	12
12	2	110	4	180	○	0.47	0.09	角				200608_1_	27
12	2	110	4	180	○	0.50	0.10	角				200608_1_	28
12	2	110	4	180	○	0.60	0.12	角				200608_1_	29
12	2	110	4	180	○	0.65	0.13	角				200608_1_	30
12	2	110	4	180	○	0.51	0.10	角				200608_1_	31
12	2	110	4	180	○	0.58	0.12	角				200608_1_	32
12	2	110	4	180	○	0.97	0.19	角				200608_1_	33
12	2	110	4	180	○	0.52	0.10	角				200608_1_	34
12	2	110	4	180	○	0.84	0.17	角				200608_1_	35
12	2	110	4	180	○	0.72	0.14	角				200608_1_	36
12	2	110	4	180	○	1.04	0.15	角				200608_1_	37
12	2	110	4	180	○	0.20	0.03	角				200608_1_	38
12	2	110	4	180	○	0.68	0.09	角				200608_1_	39
12	2	110	4	180	○	0.85	0.14	角				200608_1_	40
12	2	110	4	180	○	0.69	0.10	角				200608_1_	41
12	2	110	4	180	○	0.85	0.12	角				200608_1_	42
12	2	110	4	180	○	1.01	0.17	角				200608_1_	43
12	2	110	4	180	○	0.64	0.09	角				200608_1_	44
-	-	-	4	5	○	0.00	0.00	角				200609_2_	23

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイル	接着 強さ [N]	単位面積 あたりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位面積あた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
-	-	110	4.1	30	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200609_3_	21
12	2	110	4.2	120	○	0.30	0.13	8×0.5mm				200609_3_	13
12	2	110		120	○	0.25	0.05	8×0.5mm				200609_3_	15
-	-	110	5.2	120	○	0.22	0.11	8×0.5mm				200609_3_	14
12	2	50	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	31
7		60	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	20
12	2	60	5	10	○	0.03	0.01	8×0.5mm				200610_2_	21
	2	60	5	10	○	0.03	0.01	8×0.5mm				200610_2_	23
-	-	60	5	10	○	0.02	0.01	8×0.5mm				200610_2_	11
-	-	60	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	12
-	-	60	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	13
-	-	60	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	22
-	-	70	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	14
-	-	70	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	15
-	-	70	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	16
12	2	80	5	10	○	0.03	0.01	8×0.5mm				200610_2_	32
-	-	80	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	17
-	-	80	5	10	○	0.02	0.01	8×0.5mm				200610_2_	18
-	-	80	5	10	○	0.02	0.01	8×0.5mm				200610_2_	19
12	2	110	5	2	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	25
12	2	110	5	2	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	35
-	-	110	5	2	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	1
-	-	110	5	2	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	6
-	-	110	5	2	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	7
-	-	110	5	3	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	4
-	-	110	5	3	○	0.02	0.01	8×0.5mm				200610_2_	5
12	2	110	5	5	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	26
-	-	110	5	5	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	2
-	-	110	5	5	○	0.04	0.02	8×0.5mm				200610_2_	3
7		110	5	10	○	0.08	0.03	8×0.5mm				200610_2_	29
9		110	5	10	○	0.05	0.02	8×0.5mm				200610_2_	33
12	2	110	5	10	○	0.02	0.01	8×0.5mm				200610_2_	24
15		110	5	10	○	0.05	0.02	8×0.5mm				200610_2_	30
-	-	110	5	10	○	0.04	0.01	8×0.5mm				200610_2_	8
-	-	110	5	10	○	0.09	0.03	8×0.5mm				200610_2_	9
-	-	110	5	10	○	0.06	0.02	8×0.5mm				200610_2_	10
12	2	110	5.1	30	○	0.14	0.06	8×0.5mm				200609_3_	19
12	2	110	5.3	30	○		0.00	8×0.5mm				200609_3_	23
12	2	110	5.2	30	○	0.14	0.05	8×0.5mm				200609_3_	31
12	2	110	4.9	30	○	0.08	0.04	8×0.5mm				200609_3_	34
12	2	110	5.0	30	○	0.07	0.03	8×0.5mm				200609_3_	42
12	2	110	4.9	30	○	0.07	0.03	8×0.5mm				200609_3_	43
12	2	110	4.9	30	○	0.03	0.01	8×0.5mm				200609_3_	45

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイール	接着 強さ [N]	単位面積 あたりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状			単位面積あた りの接着強さ [N/mm]	実験 No.	ID
								0.00	0.20	0.80			
12	2	110	5.0	30	○	0.14	0.06	8×0.5mm				200609_3_	46
12	2	110	5.1	30	○	0.20	0.10	8×0.5mm				200610_1_	2
12	2	110	7.0	30	○	0.13	0.08	8×0.5mm				200610_1_	10
12	2	110	5.6	30	○	0.15	0.08	8×0.5mm				200610_1_	18
12	2	110	5.2	30	○	0.15	0.07	8×0.5mm				200610_1_	27
-	-	110	5.2	30	○	0.22	0.10	8×0.5mm				200609_3_	17
-	-	110	5.9	30	○		0.00	8×0.5mm				200609_3_	22
-	-	110	4.8	30	○	0.08	0.04	8×0.5mm				200609_3_	32
-	-	110	4.7	30	○	0.08	0.04	8×0.5mm				200609_3_	33
-	-	110	5.0	30	○	0.14	0.07	8×0.5mm				200610_1_	1
-	-	110	5.1	30	○	0.19	0.09	8×0.5mm				200610_1_	9
-	-	110	3.7	30	○	0.09	0.04	8×0.5mm				200610_1_	17
-	-	110	5.0	30	○	0.17	0.07	8×0.5mm				200610_1_	19
-	-	110	5.4	30	○	0.12	0.06	8×0.5mm				200610_1_	26
12	2	110	5.6	45	○	0.09	0.04	8×0.5mm				200609_3_	18
12	2	110	5.2	60	○	0.17	0.10	8×0.5mm				200609_3_	25
12	2	110	4.9	60	○	0.04	0.02	8×0.5mm				060928_3_	36
12	2	110	4.9	60	○	0.26	0.10	8×0.5mm				200609_3_	41
12	2	110	5.1	60	○	0.15	0.07	8×0.5mm				200610_1_	4
12	2	110	5.3	60	○	0.19	0.09	8×0.5mm				200610_1_	12
12	2	110	5.3	60	○	0.15	0.07	8×0.5mm				200610_1_	21
12	2	110	5.3	60	○	0.29	0.11	8×0.5mm				200610_1_	29
-	-	110	5.2	60	○		0.00	8×0.5mm				200609_3_	24
-	-	110	5.1	60	○	0.08	0.04	8×0.5mm				200609_3_	30
-	-	110	5.1	60	○	0.14	0.07	8×0.5mm				200609_3_	35
-	-	110	5.3	60	○	0.11	0.06	8×0.5mm				200610_1_	3
-	-	110	6.1	60	○	0.18	0.09	8×0.5mm				200610_1_	11
-	-	110	5.1	60	○	0.26	0.12	8×0.5mm				200610_1_	20
-	-	110	5.5	60	○	0.17	0.08	8×0.5mm				200610_1_	28
12	2	110	5.0	90	○	0.18	0.08	8×0.5mm				200609_3_	27
12	2	110	4.8	90	○	0.20	0.09	8×0.5mm				200609_3_	38
12	2	110	4.8	90	○	0.27	0.11	8×0.5mm				200609_3_	44
12	2	110	5.9	90	○	0.48	0.23	8×0.5mm				200610_1_	6
12	2	110	6.6	90	○	0.19	0.11	8×0.5mm				200610_1_	14
12	2	110	5.4	90	○	0.40	0.17	8×0.5mm				200610_1_	23
12	2	110	5.5	90	○	0.61	0.26	8×0.5mm				200610_1_	31
-	-	110	5.2	90	○	0.20	0.09	8×0.5mm				200609_3_	26
-	-	110	4.7	90	○	0.27	0.14	8×0.5mm				200609_3_	37
-	-	110	5.6	90	○	0.22	0.13	8×0.5mm				200610_1_	5
-	-	110	5.7	90	○	0.46	0.19	8×0.5mm				200610_1_	13
-	-	110	5.4	90	○	0.44	0.19	8×0.5mm				200610_1_	22
-	-	110	5.0	90	○		0.00	8×0.5mm				200610_1_	30
12	2	110	5.0	120	○	0.84	0.32	8×0.5mm				200609_3_	20
12	2	110	5.4	120	○	0.28	0.15	8×0.5mm				200609_3_	29

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイール	接着 強さ [N]	単位面積 あたりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位面積あた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID	
									0.00	0.20	0.40			
12	2	110	4.8	120	○	0.36	0.17	8×0.5mm				200609_3_	40	
12	2	110	5.8		○	0.57	0.25	8×0.5mm					200610_1_	8
12	2	110	5.3		○	0.27	0.22	8×0.5mm					200610_1_	16
12	2	110	5.9		○	0.55	0.24	8×0.5mm					200610_1_	25
12	2	110	5.7		○	0.50	0.21	8×0.5mm					200610_1_	33
12	2	110	5		○	0.28	0.12	8×0.5mm					200610_3_	5
12	2	110	5		○	0.25	0.11	8×0.5mm					200610_3_	8
12	2	110	5		○	0.11	0.05	8×0.5mm					200610_3_	10
12	2	110	5		○	0.23	0.11	8×0.5mm					200610_3_	12
12	2	110	5		○	0.19	0.07	8×0.5mm					200610_3_	13
12	2	110	5		○	0.15	0.06	8×0.5mm					200610_3_	14
12	2	110	5		○	0.28	0.13	8×0.5mm					200610_3_	15
-	-	110	5.2		○	0.56	0.23	8×0.5mm					200609_3_	16
-	-	110	5.4		○		0.00	8×0.5mm					200609_3_	28
-	-	110	4.8		○	0.54	0.22	8×0.5mm					200609_3_	39
-	-	110	5.7		○	0.61	0.31	8×0.5mm					200610_1_	7
-	-	110	6.1	○	0.32	0.19	8×0.5mm					200610_1_	15	
-	-	110	5.5	○	0.33	0.17	8×0.5mm					200610_1_	24	
-	-	110	5.8	○	0.81	0.37	8×0.5mm					200610_1_	32	
12	2	110	5	240	○	0.35	0.14	8×0.5mm				200610_2_	34	
12	2	110	5	10	○	0.00	0.00	8×0.5mm				200610_2_	27	
12	2	110	5	10	○	0.15	0.06	8×0.5mm				200610_2_	28	
12	2	110	10	120	○	0.29	0.12	8×0.5mm				200610_3_	4	
12	2	110	10	120	○	0.12	0.08	8×0.5mm				200610_3_	7	
12	2	110	10	120	○	0.13	0.06	8×0.5mm				200610_3_	9	
12	2	110	13	120	○	0.37	0.17	8×0.5mm				200610_3_	1	
12	2	110	13	120	○	0.08	0.03	8×0.5mm				200610_3_	2	
12	2	110	13	120	○	0.09	0.04	8×0.5mm				200610_3_	3	
12	2	110	13	120	○	0.08	0.04	8×0.5mm				200610_3_	6	
12	2	110	13	120	○	0.12	0.05	8×0.5mm				200610_3_	11	

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイール	接着 強さ [N]	単位面積 あたりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位面積あたりの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
-	-	110	4	30	○	0.10	0.02	4×1mm				200702_1_	1
-	-	110	4	60	○	0.08	0.02	4×1mm				200702_1_	3
-	-	110	4	90	○	0.28	0.07	4×1mm				200702_1_	5
-	-	110	4	120	○	0.32	0.08	4×1mm				200702_1_	7
12	2	110	4	30	○	0.06	0.01	4×1mm				200702_1_	2
12	2	110	4	60	○	0.14	0.04	4×1mm				200702_1_	4
12	2	110	4	90	○	0.16	0.04	4×1mm				200702_1_	6
12	2	110	4	120	○	0.31	0.08	4×1mm				200702_1_	8
-	-	110	5	60	○	0.22	0.06	4×1mm				200702_1_	9
-	-	110	4	30	○	0.15	0.04	4×1mm				200702_2	1
-	-	110	7	30	○	0.14	0.04	4×1mm				200702_2	9
-	-	110	7	60	○	0.24	0.06	4×1mm				200702_2	3
-	-	110	7	60	○	0.15	0.04	4×1mm				200702_2	11
-	-	110	7	90	○	0.28	0.07	4×1mm				200702_2	5
-	-	110	7	90	○	0.44	0.11	4×1mm				200702_2	13
-	-	110	7	120	○	0.48	0.12	4×1mm				200702_2	7
-	-	110	7	120	○	0.36	0.09	4×1mm				200702_2	15
12	2	110	7	30	○	0.10	0.03	4×1mm				200702_2	2
12	2	110	7	30	○	0.15	0.04	4×1mm				200702_2	10
12	2	110	7	60	○	0.33	0.08	4×1mm				200702_2	4
12	2	110	7	60	○	0.21	0.05	4×1mm				200702_2	12
12	2	110	7	90	○	0.17	0.04	4×1mm				200702_2	6
12	2	110	7	90	○	0.36	0.09	4×1mm				200702_2	14
12	2	110	7	120	○	0.30	0.07	4×1mm				200702_2	8
12	2	110	7	120	○	0.38	0.10	4×1mm				200702_2	16
12	2	200	7	2	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_2	18
12	2	200	7	5	○	0.18	0.04	4×1mm				200702_2	17
12	2	200	7	10	○	0.47	0.12	4×1mm				200702_2	19
-	-	70	5	60	○	0.06	0.01	4×1mm				200702_3_	46
-	-	70	5	180	○	0.32	0.08	4×1mm				200702_3_	48
-	-	70	5	180	○	0.29	0.07	4×1mm				200702_3_	50
12	2	70	5	60	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_3_	47
12	2	70	5	180	○	0.20	0.05	4×1mm				200702_3_	49
12	2	70	5	180	○	0.27	0.07	4×1mm				200702_3_	51
-	-	80	5	60	○	0.07	0.02	4×1mm				200702_3_	3
-	-	80	5	60	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_3_	4
-	-	80	5	60	○	0.01	0.00	4×1mm				200702_3_	36
-	-	80	5	60	○	0.11	0.03	4×1mm				200702_3_	40
-	-	80	5	60	○	0.16	0.04	4×1mm				200702_3_	44
-	-	80	5	120	○	0.07	0.02	4×1mm				200702_3_	1
-	-	80	5	120	○	0.09	0.02	4×1mm				200702_3_	5
-	-	80	5	120	○	0.14	0.03	4×1mm				200702_3_	9
-	-	80	5	120	○	0.20	0.05	4×1mm				200702_3_	34
-	-	80	5	120	○	0.16	0.04	4×1mm				200702_3_	38

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイル	接着 強さ [N]	単位面積 あたりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位面積あた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
-	-	80	5	120	○	0.26	0.06	4×1mm				200702_3_	42
12	2	80	5	60	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_3_	7
12	2	80	5	60	○	0.06	0.01	4×1mm				200702_3_	8
12	2	80	5	60	○	0.14	0.04	4×1mm				200702_3_	37
12	2	80	5	60	○	0.13	0.03	4×1mm				200702_3_	41
12	2	80	5	60	○	0.16	0.04	4×1mm				200702_3_	45
12	2	80	5	120	○	0.10	0.02	4×1mm				200702_3_	2
12	2	80	5	120	○	0.12	0.03	4×1mm				200702_3_	6
12	2	80	5	120	○	0.23	0.06	4×1mm				200702_3_	35
12	2	80	5	120	○	0.25	0.06	4×1mm				200702_3_	39
12	2	80	5	120	○	0.19	0.05	4×1mm				200702_3_	43
-	-	110	5	30	○	0.17	0.04	4×1mm				200702_3_	22
-	-	110	5	60	○	0.23	0.06	4×1mm				200702_3_	24
-	-	110	5	90	○	0.25	0.06	4×1mm				200702_3_	26
-	-	110	5	120	○	0.29	0.07	4×1mm				200702_3_	28
12	2	110	5	30	○	0.20	0.05	4×1mm				200702_3_	23
12	2	110	5	60	○	0.27	0.07	4×1mm				200702_3_	25
12	2	110	5	90	○	0.36	0.09	4×1mm				200702_3_	27
12	2	110	5	120	○	0.40	0.10	4×1mm				200702_3_	29
-	-	200	5	4	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_3_	10
-	-	200	5	5	○	0.19	0.05	4×1mm				200702_3_	13
-	-	200	5	8	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_3_	11
-	-	200	5	8	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_3_	30
-	-	200	5	8	○	0.36	0.09	4×1mm				200702_3_	32
-	-	200	5	10	○	0.21	0.05	4×1mm				200702_3_	15
-	-	200	5	10	○	0.26	0.07	4×1mm				200702_3_	17
-	-	200	5	10	○	0.21	0.05	4×1mm				200702_3_	19
12	2	200	5	5	○	0.13	0.03	4×1mm				200702_3_	14
12	2	200	5	8	○	0.00	0.00	4×1mm				200702_3_	12
12	2	200	5	8	○	0.15	0.04	4×1mm				200702_3_	31
12	2	200	5	8	○	0.31	0.08	4×1mm				200702_3_	33
12	2	200	5	10	○	0.24	0.06	4×1mm				200702_3_	16
12	2	200	5	10	○	0.30	0.07	4×1mm				200702_3_	18
12	2	200	5	10	○	0.30	0.07	4×1mm				200702_3_	20
12	2	200	5	10	○	0.35	0.09	4×1mm				200702_3_	21
12	2	70	5	120	○	0.12	0.03	4×1mm				200703_1_	7
12	2	70	5	120	○	0.13	0.03	4×1mm				200703_1_	8
12	2	70	5	120	○	0.15	0.04	4×1mm				200703_1_	9
-	-	80	5	120	○	0.34	0.08	4×1mm				200703_1_	1
-	-	80	5	120	○	0.16	0.04	4×1mm				200703_1_	3
-	-	80	5	120	○	0.13	0.03	4×1mm				200703_1_	5
12	2	80	5	120	○	0.22	0.05	4×1mm				200703_1_	2
12	2	80	5	120	○	0.09	0.02	4×1mm				200703_1_	4
12	2	80	5	120	○	0.19	0.05	4×1mm				200703_1_	6

周波数 [kHz]	振動 振幅 [μm]	温度 [°C]	荷重 [N]	時間 [sec]	アルミ ホイル	接着 強さ [N]	単位面積 あたりの 接着強さ [N/mm]	こて先 形状	単位面積あた りの接着強さ [N/mm]			実験 No.	ID
									0.00	0.20	0.40		
12	2	110	5	120	○	0.44	0.11	4 × 1mm				200703_1_	10
12	2	110	5	120	○	0.28	0.07	4 × 1mm				200703_1_	11
12	2	110	5	120	○	0.29	0.07	4 × 1mm				200703_1_	12
12	2	200	5	10	○	0.24	0.06	4 × 1mm				200703_1_	14
12	2	200	5	10	○	0.41	0.10	4 × 1mm				200703_1_	15
12	2	200	5	10	○	0.28	0.07	4 × 1mm				200703_1_	16
12	2	200	5	100	○	0.56	0.14	4 × 1mm				200703_1_	13

【平成 19 年度分】

A. 研究目的

近年、大動脈径が拡大し、破裂すると大出血を引き起こす大動脈瘤という病気が増加している。大動脈瘤は、コレステロールの取り過ぎによって生じる粥状動脈硬化が原因の一つとして挙げられる病気である。動脈硬化の種類には、前述の他にコレステロールの不足によって生じる細動脈硬化やカルシウムが中膜に沈着することによって生じる中膜硬化がある。食事の欧米化が進んでいるため、今後も大動脈瘤は増加していく危険性がある。大動脈瘤の治療方法は、人工血管置換術とステントグラフト内挿術の2種類がある。人工血管置換術は、開胸し、患部の血管と人工血管を置換する術式であり、1ヶ月程度の入院と2ヶ月程度の自宅療養を必要とする。一方、ステントグラフト内挿術は、大腿動脈からカテーテルを挿入し、ステントグラフトを患部に留置する術式であり、低侵襲なため、1日程度で退院可能である。ステントグラフトは、網目で筒状のステントと人工血管を合わせたものである。ステントはステンレスや形状記憶合金といった金属から作られ、人工血管はポリエステル繊維のダクロンやフッ素化合物のPTFEで作られている。腹部大動脈瘤用のステントグラフトは2007年に認可されているが、胸部大動脈瘤用のステントグラフトは、2007年時点では認可された製品がないため、ステントと人工血管を用いて各病院で制作されたステントグラフトが用いられている。

ステントグラフト内挿術は術後のステントグラフトのずれ及びエンドリークが問題となっている。瘤内に血液が入ってしまう症状をエンドリークと呼び、I～IV型の4種類に分別される。I型は、血管とステントグラフトの隙間から血液が瘤内に入ってしまうことが原因で生じ、大動脈の心臓側から入る場合をIA、大動脈の末梢側から入る場合をIB、腸骨動脈から入る場合をICと呼ぶ。II型は、瘤内に繋がっている動脈から血液が入ってしまうことが原因で生じ、繋がっている動脈の数が1本である場合をIIA、複数である場合をIIBと呼ぶ。III型は、ステントグラフト自体に欠陥があることが原因で生じ、連結部や分岐部の接続が不完全である場合をIIIA、繊維に穴が空いている場合をIIIBと呼ぶ。IV型は、ステントグラフトを構成している繊維から血液が染み出す症状である。

そこで本研究では、振動、熱、圧力の3種の低エネルギーを複合させて与えることにより、低損傷

で生体組織を融着する新しい技術の開発を目的とする。電気メスや超音波メスといった高エネルギーで生体組織を炭化又は、断端をくっつけることによる止血は試みられているが、生体組織の融着技術は確立されていない。そこで、本研究では、種々の融着条件と融着強度の関係を明らかにすることで、低エネルギーを用いた低損傷での融着の実現を目指している。

本論文では、血管吻合や止血に応用するため、融着実験装置とハンドピース型融着装置、引張試験機を製作し、種々の融着条件における生体-生体の融着強度を評価する。また、生体-人工物の融着応用として、ステントやステントグラフトを血管に融着することを想定して、ステンレス及びポリウレタンと血管の融着を試みる。

B. 研究方法

B. 1 原理・理論

B. 1. 1 融着原理

血管は水73%、たんぱく質17%、脂質1%を含んでいる。血管に含まれるたんぱく質の種類はコラーゲンとエラスチンがある。コラーゲンは繊維性たんぱく質で、結合組織を構成する主要たんぱく質成分である。コラーゲン分子は一次構造(アミノ酸配列順序)である α 鎖が3重鎖と呼び、図2.1に示すように右巻きらせん状になっている。コラーゲン分子は長さ300nm、幅1.5nmと細長くびんと伸びた形状をしている。このコラーゲン繊維は図2.2のようにコラーゲン分子が同一方向に頭をそろえ、長さの1/4.4ずつずれて配列したものである。I型～V型まであり、大動脈にはIII型が含まれ、 $[\alpha_1(\text{III})]_3$ という構造になっている。また、III型は細網繊維を構成しているのではないかとされている。このコラーゲン分子及び、コラーゲン繊維は高次構造に分類される。従来コラーゲンと呼ばれたものは電子顕微鏡像から約67nmの横縞の周期構造をもった繊維を構成している。エラスチンは伸展性に富んだ組織にみられる構造たんぱく質で、ペプチド鎖間に架橋が多く弾性に富む。



図 2.1 コラーゲンの3重鎖



図 2.2 コラーゲン分子

血管は内膜、中膜、外膜に分類される。内膜には、図 2.3 に示すように、主に血管の長軸方向に配向した 1 層の内皮細胞があり、エラスチン繊維、コラーゲン繊維、平滑筋などが混在している。外膜は主に血管長軸方向に配向したコラーゲン繊維である。

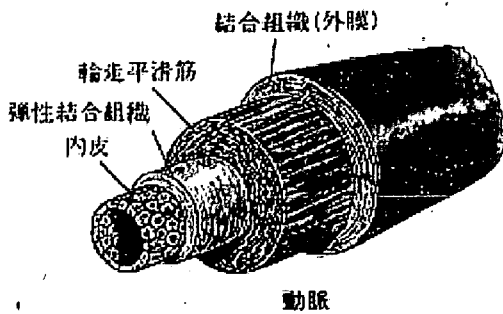


図 2.3 動脈断面

たんぱく質は種々の物理的あるいは化学的処理により変性しやすく、これは高次構造が非可逆的（時には可逆的）に破壊されるためである。この破壊現象をたんぱく質変性と呼ぶ。たんぱく質変性は、加熱、凍結、高圧、超音波、紫外線、X線、かくはん、吸着、希釈など物理的要因と極端な酸性またはアルカリ性、有機溶媒、重金属塩、尿素・塩酸グアニジンなどの変性剤、界面活性剤などの化学的要因による発生する。変性による物性の変化は溶解度の減少、結晶性の喪失、沈降定数や粘土など流体力学的定数の変化、生物活性の喪失または低下が典型的であるが、旋光性、吸収スペクトル、側鎖官能基の反応性、たんぱく質分解酵素の作用の受けやすさなども変化する。変性は多くの場合その速度がたんぱく質濃度に比例する一次反応として進行し、変性は分子内過程と考えられる。変性速度定数の温度変化率は非常に大きく 10°C の温度の上昇で 100 倍以上になる例も少なくない。このことは変性の活性化エネルギーの大きいことを示す。

本融着方法ではたんぱく質変性の際に生じる高次構造の破壊を利用して、血管融着を行う。

B. 1. 2 ハンドピース型融着装置の構造

ステンレスの固体中の音速は 5000 m/s であり、振動子の全長は (波長) × n / 2 [n は整数] となれば共振する。従って (波長) = (固体中の音速) / (振動周波数) = 5000 / 12000 = 0.42 となる。0.42 m = 420 mm であり、半波長は 210mm である。ゆえに、全長を 210mm とする。

B. 1. 3 ステント融着に必要な強度

最も融着強度が必要になるケースとして血管をステントが全部塞いだ場合の圧力を考える。

ステントに衝突する直前の血液の速度を v 、衝突後の血液の速度を v' とする。衝突後に流れが止まると仮定すると図 2.4 の $v'=0$ となる。ケース 1 とケース 2 の 2 つの場合を考えた。

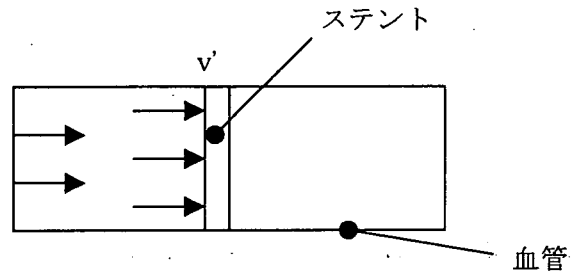


図 2.4 ステントが血管内を塞いだ状態

(ケース 1) 血管の直径を 10mm とした場合
血液の密度 ρ 、血液の流量 Q 、血管内断面積 A とすると、

$$\begin{aligned} \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ Q &= 10 \text{ l/min} = 10 \times 10^{-3} / 60 \text{ m}^3/\text{s}, \quad A = \pi (10/2)^2 \times 10^{-6} = 25 \pi \times 10^{-6} \text{ m}^2, \\ v &= Q/A = 10 \times 10^{-3} / (60 \times 25 \pi \times 10^{-6}) = 1000 / 150 \pi \\ & \text{ m/s} = 2.1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

よって、噴流の圧力は

$$\begin{aligned} F &= \rho Q(v-v') \\ &= 1000 \times (10 \times 10^{-3} / 60) \times (2-0) = \underline{0.33 \text{ N}} \end{aligned}$$

となる。

(ケース 2) 血管の直径を 25mm とした場合
血液の密度 ρ 、血液の流量 Q 、血管内断面積 A とすると、

$$\begin{aligned} \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ Q &= 10 \text{ l/min} = 10 \times 10^{-3} / 60 \text{ m}^3/\text{s} \\ A &= \pi (25/2)^2 \times 10^{-6} = 156 \pi \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ v &= Q/A = 10 \times 10^{-3} / (60 \times 156 \pi \times 10^{-6}) = 1000 / 936 \pi \\ & \text{ m/s} = 0.34 \text{ m/s} \end{aligned}$$

よって、噴流の圧力は

$$F = \rho Q(v-v')$$

$$= 1000 \times (10 \times 10^{-3} / 60) \times (0.34 - 0) = 0.06N$$

となる。

従って、0.33N 以上の強度が得られれば十分な強度と言える。

B. 2 装置

B. 2.1 振動振幅計測システム

ハンドピース型融着装置の先端サイズは 1mm × 1mm であるため、静電容量変位計を用いて計測することが出来ない。そこで、高速度カメラを用いて振動振幅計測システムを構築した。振動振幅計測システムは光源 (LSM250) の光をレンズ (Nikon 95mm) で集約し対象物に照明を当て、反対側から拡大レンズ (Nikon 100x) とエクステンションチューブ (Edmound) を用いて拡大し、高速度カメラ (Motion Scope M3) を用いて対象物の撮影を行う構成とした。高速度カメラの概観図を図 2.6 に示し、仕様を表 2.1 に示す。また、位置微調整のため XYZ マイクロステージを用いた。

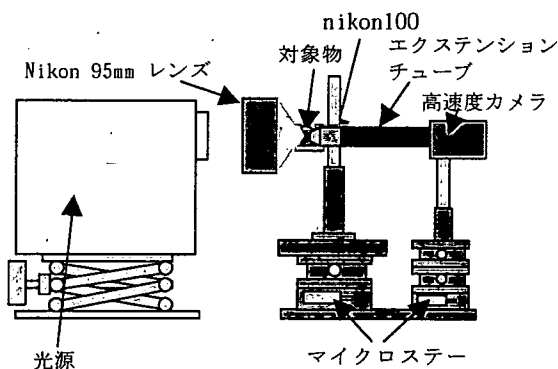


図 2.5 振動振幅計測システム 概略図

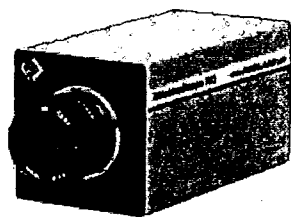


図 2.6 高速度カメラ 概観図

表 2.1 高速度カメラ 仕様

モデル	モノクロ (8-bit)
シャッター	グローバル電子シャッター (4μsec ~ 1/録画速度)
録画速度	500 ~ 32000 fps
解像度	160 × 16 (32000fps) ~ 1280 × 1024 (500fps)
アナログ出力	2ch
出力分解能	16 ビット
最大出力レート	300S/s

B. 2.2 血管融着ガイド

テフロン (PolyTetraFluoroEthylene : PTFE) を用いてダンベル型血管融着ガイド及び短冊型血管融着ガイドを製作した。ダンベル型血管融着ガイドを図 2.7 に示す。平行部幅 2mm、平行部長さ 10mm のダンベル型血管の長さ方向中心で切断し、切断した 2 枚を 4mm 重ねることを想定し、平行部ガイドの幅 2mm、長さ 6mm、深さ 1.8mm とした。中心部はヒータ先端形状が 1mm × 4mm であるため、長さ方向中心の平行部の幅を 6mm とした。温度計測のため、融着部周辺にアルミテープを貼り付け、融着部に重ならない位置で K 型熱電対をカプトンテープで固定した。短冊型血管融着ガイドを図 2.8 に示す。ガイドの幅 8mm、長さ 30mm、深さ 1.8mm とした。長さ方向中心部にアルミテープを貼り付け、融着部に重ならない位置で K 型熱電対をカプトンテープで固定した。

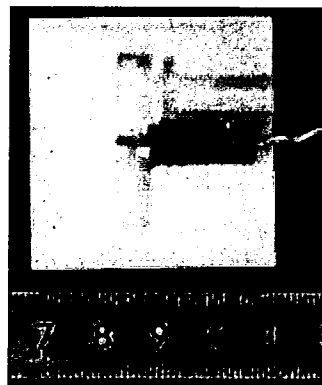


図 2.7 ダンベル血管融着ガイド 概観図

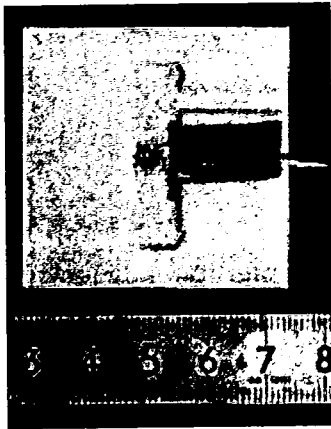


図 2.8 短冊型血管融着ガイド
概観図

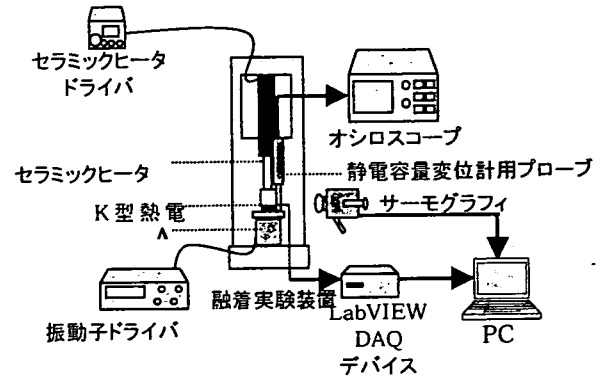


図 2.9 融着実験システム 概略図

B. 2.3 融着実験システム

構築した融着実験システムの概略図を図 2.9 に示し、概観図を図 2.10 に示す。融着実験装置は、ダンボールと OHP シートで製作した風防で覆った。風防を図 2.11 に示す。リニアスライダ (NIN 製 RSR-15N) を用いてセラミックヒータを直動運動させる構造とした。セラミックヒータには電気こて (日本ボンコート製 ハンドピース: TB-150 こて先: BN7-1B8N06 (196V)) を用いた。この BN7-1B8N06 の先端のブロック部はネジ止めにより固定している。使用した電気こてには先端付近に熱電対が付けており、電気こてコントローラ (日本ボンコート製 M50) を用いて PID 制御により温度制御を行った。融着時の温度は電気こてコントローラとパソコンをコンバージョンユニット (日本ボンコート製 USB4851) を介して MJ 変換ケーブル (日本ボンコート製) で接続し、PC にインストールした集中温度管理システム用ソフト (日本ボンコート製 QSS-3000) にて収録した。電気こての概観図を図 2.12 に示し、仕様を表 2.2 に示す。電気こてハンドピースの概観図を図 2.13 に示し、使用したこて先の概観図を図 2.14 に示す。熱電対温度の収録には LabVIEW (ナショナルインスルメンツ製) 及び、DAQPad (ナショナルインスルメンツ製、DAQPad-6051) を用いた。DAQPad の概観図を図 2.15 に示し、仕様を表 2.3 に示す。ヒータ先端表面温度収録に用いたサーモグラフィの外観図を図 2.16 に示し、仕様を表 2.4 に示す。

対象物の下側から振動付加、振動無付加の 2 つのバリエーションを選択できるようにするため、図の A 部分にはダンベル血管融着ガイド及び短冊血管融着ガイドを乗せたアルミブロック及び振動子を取り付けられるようにした。

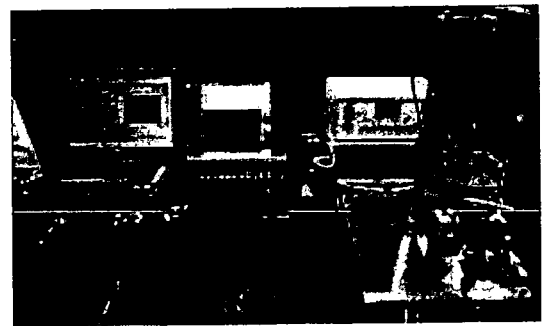


図 2.10 融着実験システム 概観図



図 2.11 融着実験装置の風防 概観図



図 2.12 電気こて 概観図

2.2 電気こて仕様

温度範囲	0°C~500°C
温度制御方式	PID 制御

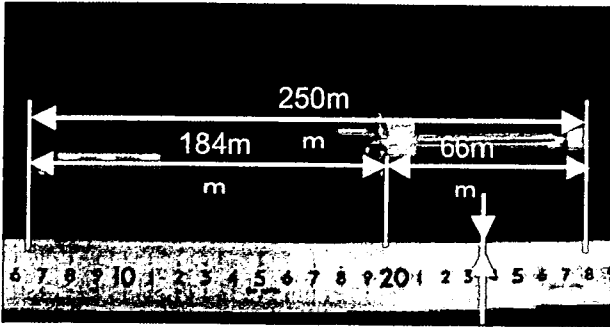


図 2.13 電気こてハンドピース 概観図



図 2.14 特殊こて先 概観図

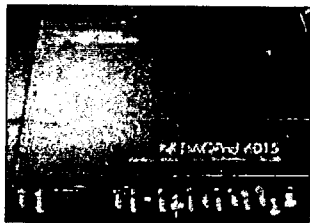


図 2.15 DAQPad-6051 概観図

表 2.3 DAQPad-6051 仕様

アナログ入力	16ch
アナログ入力分解能	16 ビット
アナログ出力	2ch
出力分解能	16 ビット
最大出力レート	300S/s



図 2.16 サーモグラフィ概観図

表 2.4 サーモグラフィ仕様

温度測定範囲	-20° ~100°C (レンジ 1) 0°C~250°C (レンジ 2)
最小検知温度差	0.04°C (レンジ 1)
測定精度	±2°C 又は ±2%
検出器	2次元非冷却センサ
焦点範囲	30cm~∞
視野角	水平 21.7° × 垂直 16.4°
フレームタイム	60 フレーム/sec (最大)
画像データ画素数	320(H) × 240(V) ドット
データ深度	14bits

B. 2.3.1 振動無付加

図の A 部分をアルミブロックとした場合の概観図を図 2.17 に示す。アルミブロックの上には厚さ 3mm の PTFE を載せた。融着ガイドを使用する場合はこの PTFE 板の上に載せる。

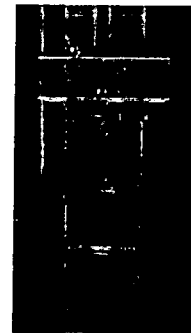


図 2.17 振動無付加融着実験装置 概観図

B. 2. 3. 2 振動付加

図の A 部分を振動子とした場合の概観図を図 2.18 に示す。振動付加の場合も振動無付加の場合と同様に振動子の上に厚さ 3mm の PTFE 板を載せた。融着ガイドを使用するときは、この PTFE 板の上に載せる。振動子には、積層圧電アクチュエータ (NEC トーキン製 AE0203D08) を組み込んだステンレスケースを用いた。積層圧電アクチュエータの概観図を図 2.19 に示し、使用を表 2.5 に示す。ステンレスケースの概観図を図 2.20 に示し、仕様を表 2.6 に示す。振動ドライバを用いることで、振動周波数及び付加電圧を任意に設定可能である。振動ドライバの概観図を図 2.21 に示し、仕様を表 2.7 に示す。

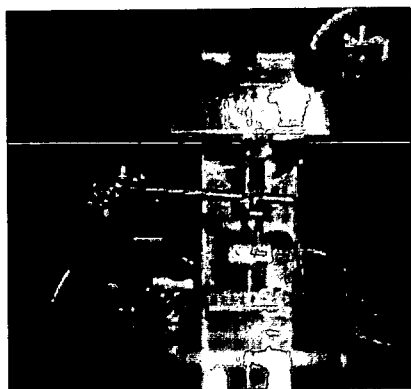


図 2.18 振動付加融着実験装置 概観図

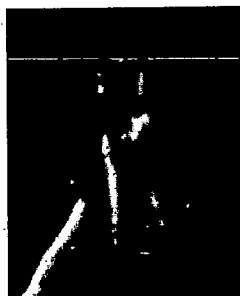


図 2.19 積層圧電アクチュエータ 概観図

表 2.5 積層圧電アクチュエータ 仕様

変位量 (最大駆動電圧時)	9.1±1.5 μm
変位量 (推奨駆動電圧時)	6.1±1.5 μm
発生力	200N
共振周波数	138kHz
ヤング率	4.4×10 ¹⁰ N/m ²

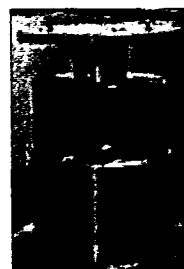


図 2.20 振動子 概観図

表 2.6 振動子 仕様

振動部直径	40mm
材料	ステンレス
全高	38mm

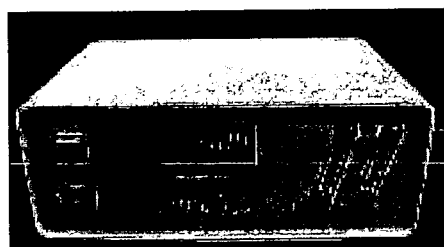


図 2.21 振動ドライバ 概観図

表 2.7 振動ドライバ 仕様²⁹⁾

電源	AC100V
入力直流電圧	40V
出力可能周波数	10~32000Hz
周波数分解能	10Hz
出力電圧	0~37V Pk-Pk: 37V
ゲイン	1~700
出力波形	正弦波

B. 2. 4 荷重計測融着実験システム

構築した荷重計測融着実験システムの概略図を図 2.22 に示し、概観図を図 2.23 に示す。リニアスライダ (NTN 製 RSR-15N) を用いてセラミックヒータを直動運動させる構造とした。セラミックヒータには電気こて (日本ボンコート製 ハンドピース: TB-150 こて先: BN7-1B8N06 (196V)) を用いた。この BN7-1B8N06 の先端のブロック部はネジ止めにより固定している。使用した電気こてには先端付近に熱電対が付いており、電気こてコントローラ (日本ボンコート製 M50) を用いて PID 制御により温度制御を行った。融着時の温度は電気こてコントローラとパソコンをコンピュータユニット (日本ボンコート製 USB4851)

を介して MJ 変換ケーブル（日本ボンコート製）で接続し、PC にインストールした集中温度管理システム用ソフト（日本ボンコート製 QSS-3000）にて収録した。また、振動子に取り付けた熱電対の温度を LabVIEW にて収録した。振動子には、積層圧電アクチュエータ（NEC トーキン製 AE0203D08）を組み込んだステンレスケースを用いた。振動ドライバを用いることで、振動周波数及び付加電圧を任意に設定可能である。荷重計測には荷重変換器（NEC 三栄製 T1-1000）とストレンアンプ（NEC 三栄製、AS2103）を用いることで、融着時の荷重をリアルタイムに LabVIEW により計測した。荷重変換器の概観図を図 2.24 に示し、仕様を表 2.8 に示す。ストレンアンプの概観図を図 2.25 に示し、仕様を表 2.9 に示す。

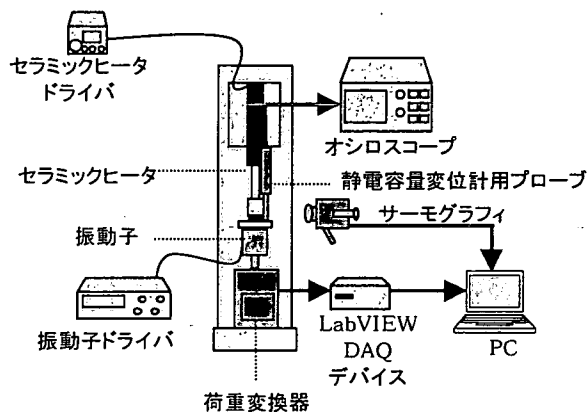


図 2.22 荷重計測融着実験システム 概略図

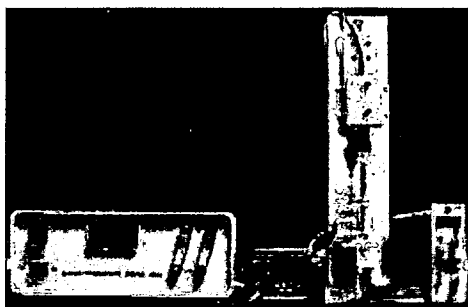


図 2.23 荷重計測融着実験システム 概観図

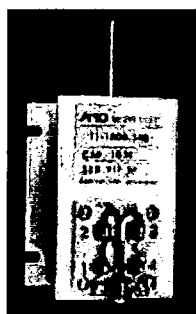


図 2.24 荷重変換器概観図

表 2.8 荷重変換機 仕様

定格容量	9.8N (1000gf)
許容過負荷	300~120%RC
定格出力	約 2mV/V
非直線性	0.3%RO
ヒステリシス	0.3%RO
繰り返し性	0.3%RO
許容印加電圧	8V、推奨 6V
入力抵抗	240Ω、430Ω (550gf)
出力抵抗	240Ω、430Ω (550gf)
温度補償範囲	-10°C~+50°C
零点の温度影響	0.35%RO/10°C



図 2.25 ストレンアンプ 概観図

表 2.9 ストレンアンプ 仕様

チャンネル数	1ch/ユニット
ブリッジ抵抗	60~1000Ω
ゲージ率	2.00
ブリッジ電源	DC2V、3V、5V、9V、10V
非直線性	±0.01%
周波数特性	DC~500Hz
出力	OUTPUT1 ±10V ±5mA OUTPUT2 ±10V ±10mA
デジタル表示	4桁

B. 2.5 ハンドピース型融着装置

セラミックヒータとボルト締めランジュバン振動子（bolt-clamped Langevin type transducer：BLT）により、対象物に熱と振動を加えるハンドピース型融着装置を製作した。ボルト締めランジュバン振動子は圧電セラミックスと金属をボルトで締め付けて一体化した振動子である。¹⁴⁾ハンドピース型融着装置の概観図を図 2.26 に示す。セラミックヒータには、電気こて（日本ボンコート製 ハンドピース：TB-118 こて先：BN5-2D）を用いた。ボルト締めランジュバン振動子は、積層圧電アクチュエータ（NEC トーキ

ン製 AE0505D08) 用いて 12kHz で共振するように設計した。開いたときと挟んだときの概略図を図 2.26 及び図 2.27 に示す。製作したハンドピース型融着装置の概観図を図 2.28 に示す。

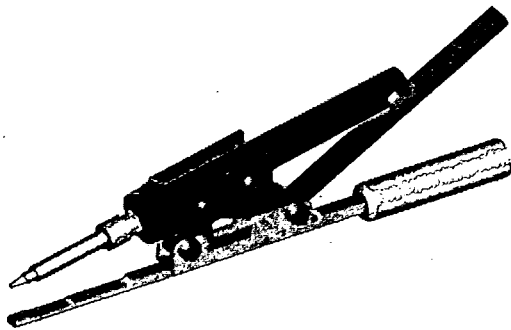


図 2.26 ハンドピース型融着装置 (開いたとき) 概略図

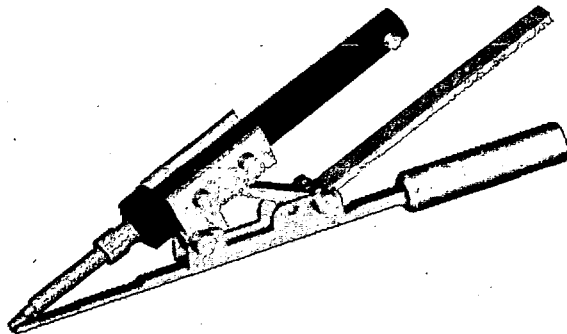


図 2.27 ハンドピース型融着装置 (挟んだとき) 概略図

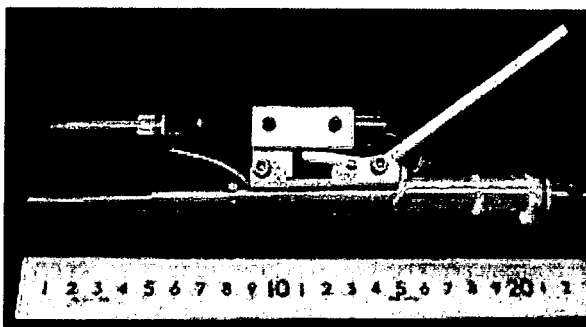


図 2.28 ハンドピース型融着装置 概観図

B. 2. 6 引張試験機

製作した引張試験機の概観図を図 2.29 に示す。直動アクチュエータ (オリエンタルモータ製、RL28PB1G-03C) にて鉛直上方向に引っ張る構造とした。直動アクチュエータの概観図を図 2.30 に示し、仕様を表 2.10 に示す。チャック部には、平行締付タイプ引張型チャック (山電製、

TJ-3305-1010) を用いた。引張荷重は荷重変換器 (NEC 三栄製、T1-200 及び T1-1000) と (NEC 三栄製、AS2503) を用いた。融着した対象物の引張試験には定格荷重 2N の T1-200 を使い、血管の引張試験には定格荷重 10N の T1-1000 を用いた。T1-200 の概観図を図 2.31 に示し、仕様を表 2.11 に示す、AS2503 の概観図を図 2.32 に示し、仕様を 2.12 に示す。

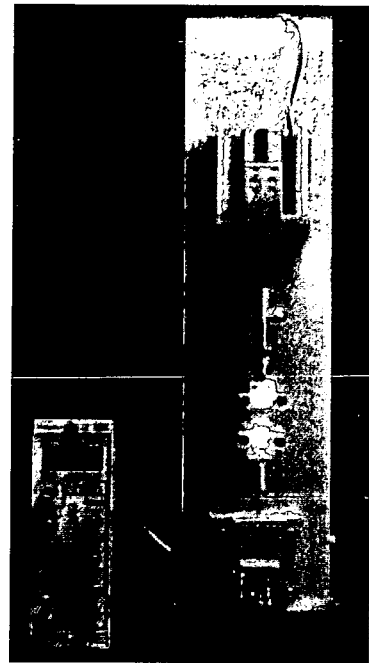


図 2.29 引張試験機 概観図

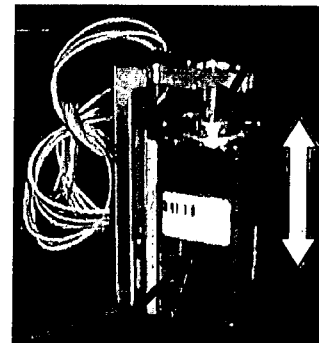


図 2.30 直動アクチュエータ 概観図

表 2.10 直動アクチュエータ 仕様

最大速度	24mm/s
位置決め制度	±0.02mm
分解能	0.002mm
リード	1mm
ストローク	30mm
最大可搬質量 (水平方向)	1.0kg
最大可搬質量 (垂直方向)	1.5kg