

NAZCA-TR-23-002

ゴム動力飛行機の必要トルク

滝 敏美

2023/2/15

1. 目的

ゴム動力飛行機の飛行に必要なゴムのトルクの決め方について検討する.

目次

1. 目的.....	1
2. 参考資料.....	1
3. 成果.....	1
4. 動力ゴムの平均トルク	2
5. ゴム動力飛行機のデータからわかること	5

2. 参考資料

[1] NAZCA-TR-22-013, 「Larrabee の方法によるプロペラの設計ツールと性能計算ツール」

[2] NAZCA-TR-22-020, 「ゴム動力飛行機用動力ゴムのトルク特性」

[3] NAZCA-TR-23-001, 「ゴム動力飛行機のゴムとプロペラ」

3. 成果

水平飛行に必要なトルクと動力ゴムの平均トルクには相関があるので, 機体に応じてプロペラの仕様と使用する動力ゴムを決めることができた.

4. 動力ゴムの平均トルク

動力ゴムの平均トルクの定義を図 4-1 に示す。飛行開始直後にトルクが急減する領域があり、その後、トルクは漸減していく。飛行時間のかなり広い領域でトルクがほぼ一定になっている。この領域の平均的なトルクを平均トルクと定義する。厳密な定義ではないが、ゴムの断面積に対応したトルクの大きさの目安として使うことができる。

FAI TAN Super Sport ゴムのトルク曲線を図 4-2 に示す。このグラフから読み取った平均とるトルクを表 4-1 に示す。トルクはゴムの断面積の 1.5 乗に比例することが過去の経験からわかっているので、ゴムの断面積と平均トルクの近似式を求めたのが図 4-3 である。

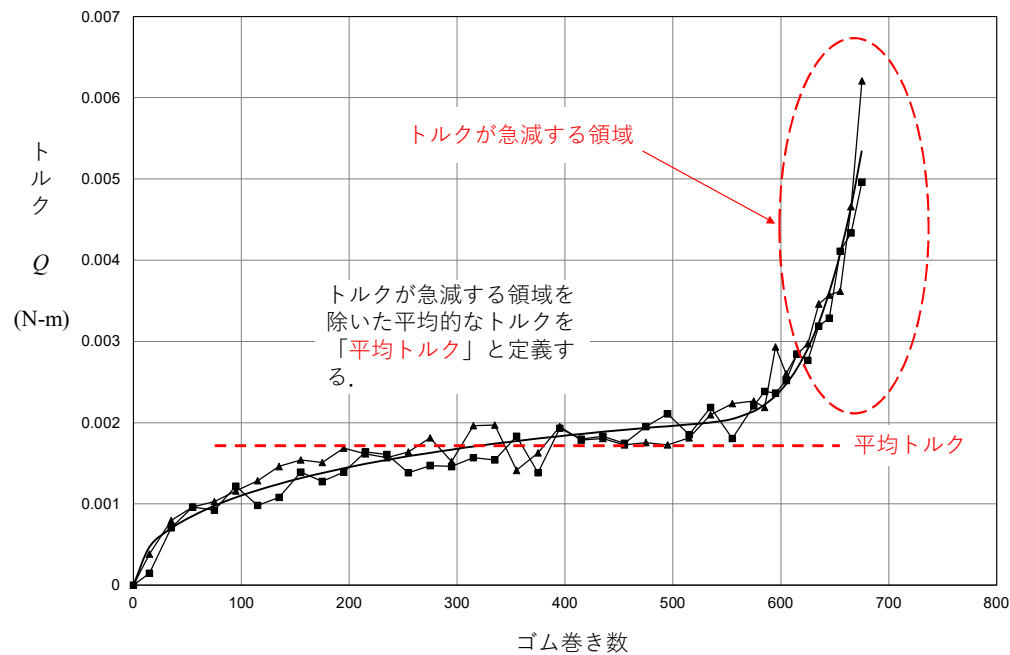


図 4-1 平均トルクの定義

表 4-1 FAI Super Sport ゴムの平均トルク

幅 (inch)		厚さ (inch)	幅 (mm)	厚さ (mm)	断面積 (mm^2)	条数	平均トルク（計測値） (N-mm)
3/32	0.09375	0.042	2.4	1.1	5.08	2	1
1/8	0.125	0.042	3.2	1.1	6.77	2	1.7
3/32	0.09375	0.042	2.4	1.1	7.62	3	2.4
3/32	0.09375	0.042	2.4	1.1	10.16	4	3.3
3/32	0.09375	0.042	2.4	1.1	15.24	6	6.4

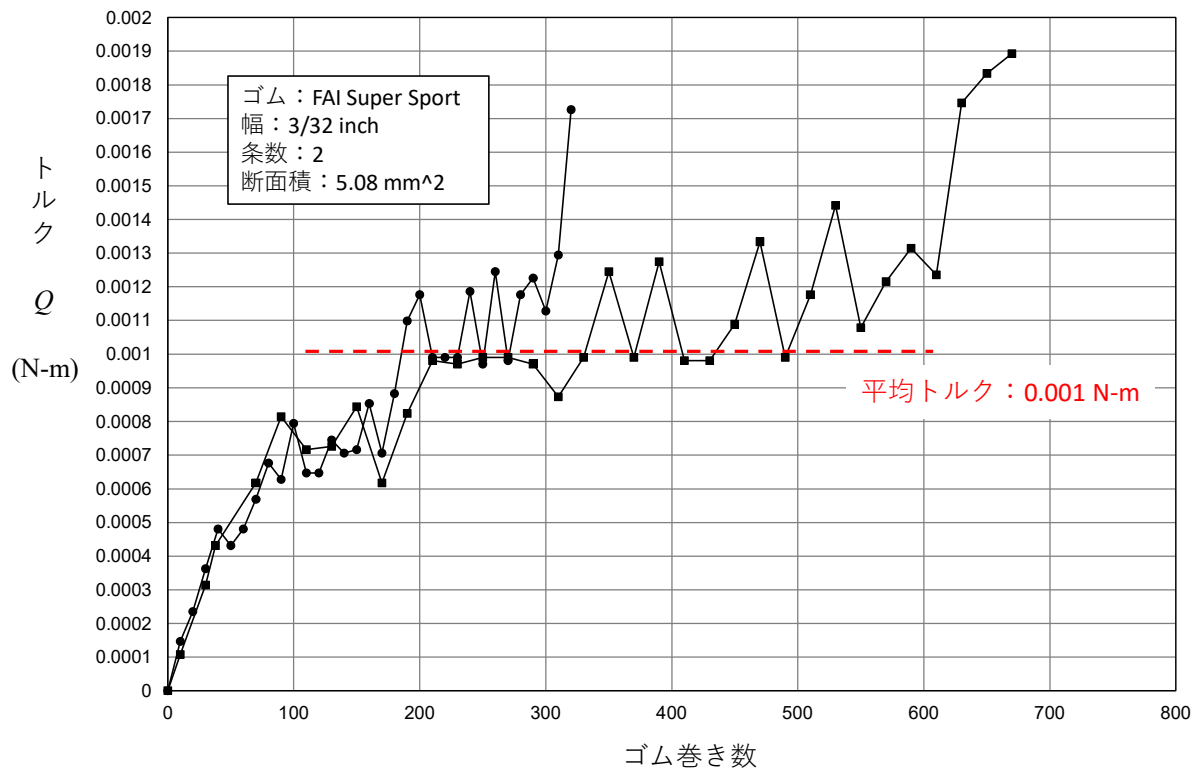


図 4-2 (1/4) FAI Super Sport ゴムのトルク 曲線

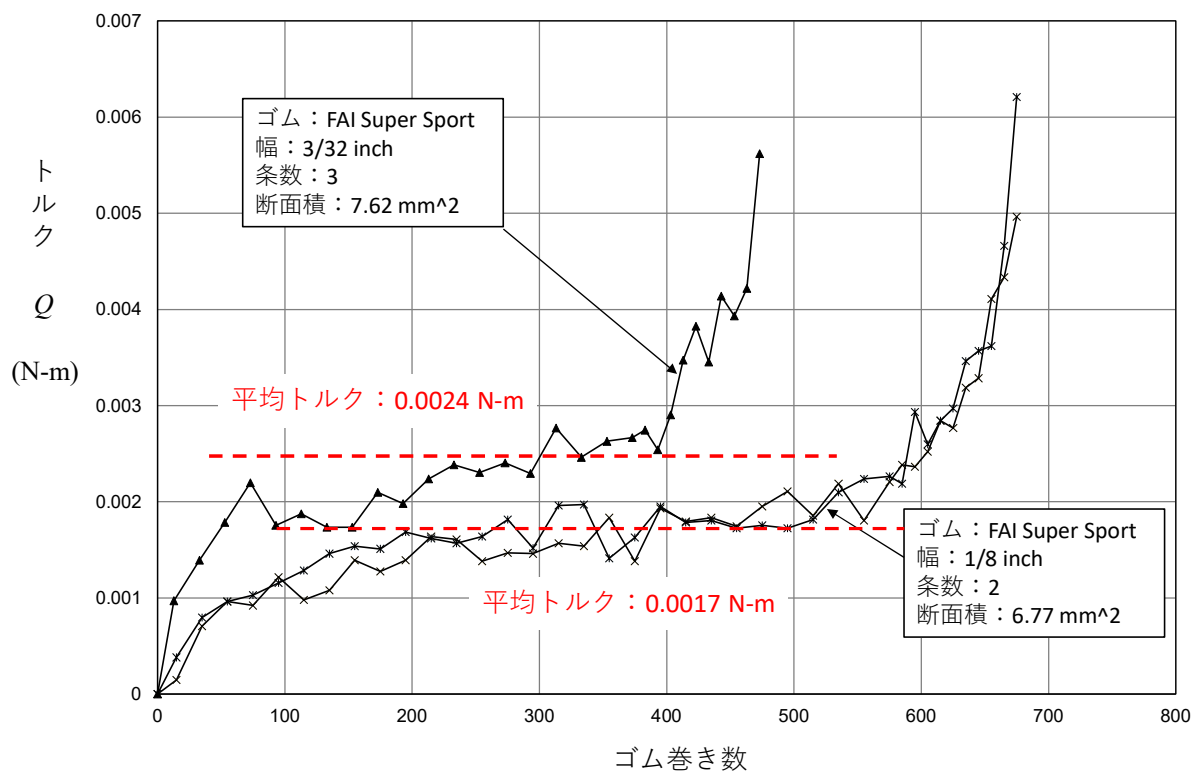


図 4-2 (2/4) FAI Super Sport ゴムのトルク 曲線

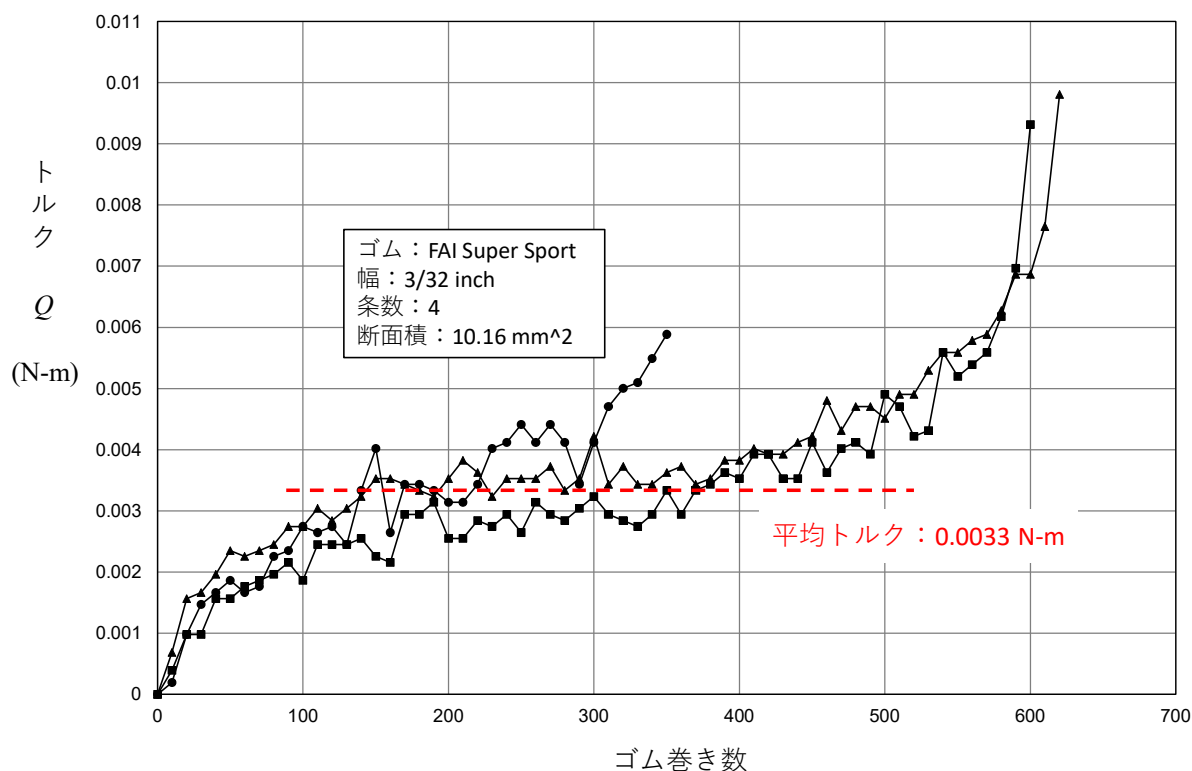


図 4-2 (3/4) FAI Super Sport ゴムのトルク 曲線

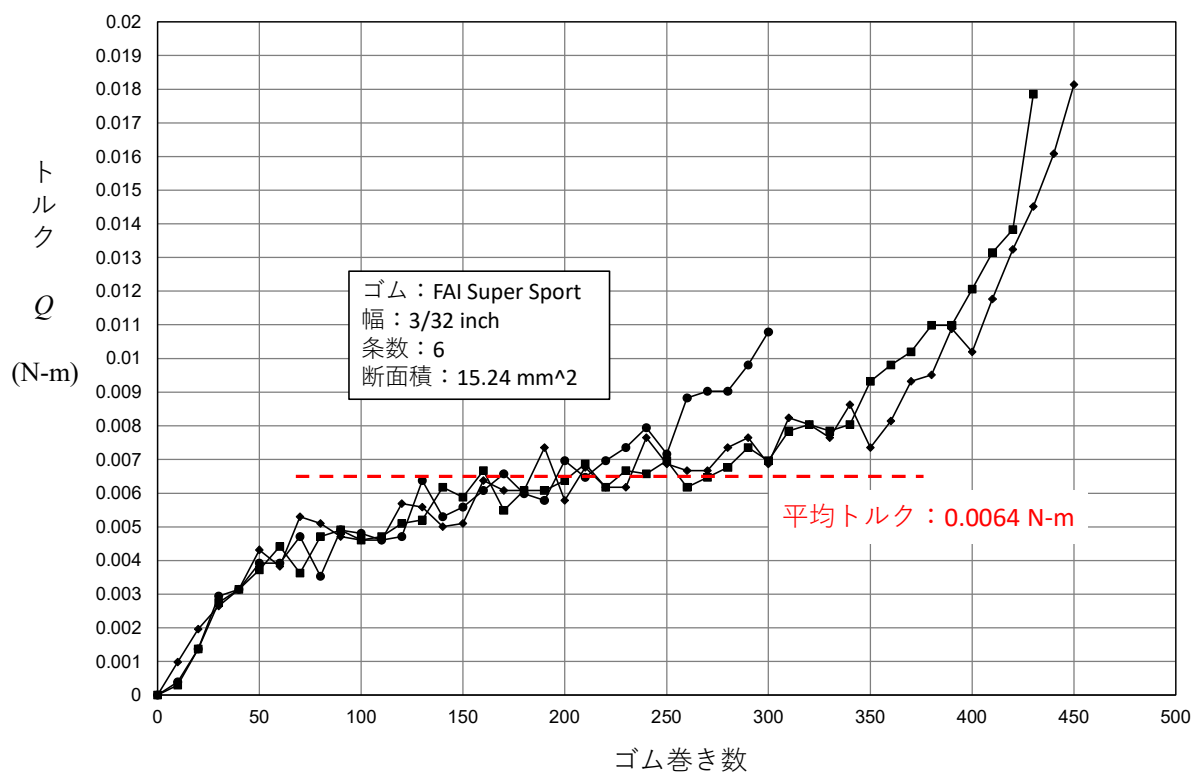


図 4-2 (4/4) FAI Super Sport ゴムのトルク 曲線

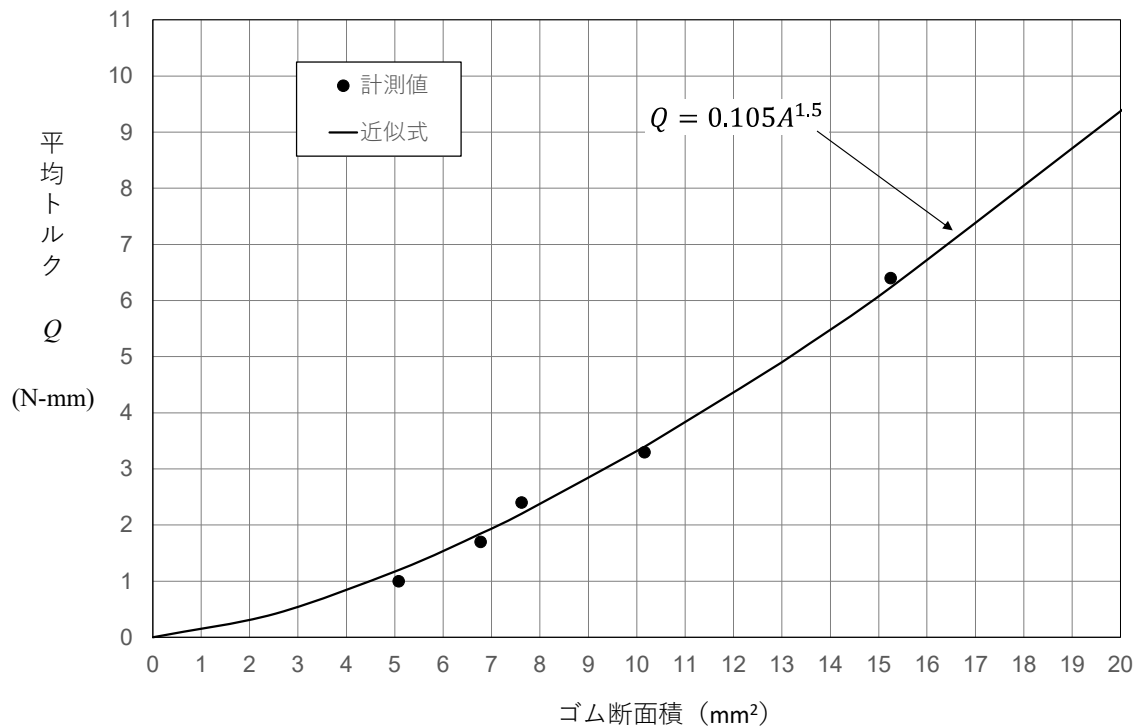


図 4-3 ゴム断面積と平均トルクの関係

5. ゴム動力飛行機のデータからわかること

28機種のゴム動力飛行機のデータ（表 5-1）を集めて、ゴムの必要トルクについて検討した。

使用しているゴムの幅と条数がわかっているため、平均トルクを前項で求めた近似式で計算した。

機体諸元（重量、主翼翼面積、プロペラ直径）から、水平飛行するために必要なトルクを参考資料[3]に示した方法で計算した。このとき、プロペラのピッチ比は1.2であると仮定し、参考資料[3]の図 4-2 のプロペラ性能曲線を使った。全機揚力係数は0.8と仮定し、揚抗比は、P30以外の機種は6、P30は8とした。

使用しているゴムの平均トルクと水平飛行に必要なトルクをプロットしたのが図 5-1 である。このグラフから以下のことがわかる。

- 水平飛行に必要なトルクと使用しているゴムの平均トルクにははっきりとした相関があり、機種によって分類できる。
- 平均トルクが上にあるほど急上昇の飛行パターンになる。
- ゴムの幅が決まっているので、小型の機体の場合には選べるゴムの断面積の種類が少ない。
- スケール機が平均トルクの下限にきており、ゆるい上昇飛行パターンを示す。
- ライトプレーンは一般的に平均トルクが大きく、急上昇の飛行パターンを採用している。

- P-30 規格の機体はライトプレーンより少しゆるい上昇である.
- このグラフを使って, プロペラの寸法とゴムの断面積を設定することができる.

表 5-1 ゴム動力飛行機のデータ

動力ゴムとプロペラのデータ

() は推定
プロペラのピッチ比は1.2と仮定
ゴムはFAI TAN Super Sport

0.000105

機体名		種類	翼幅	主翼面積	アスペクト比	機体重量	プロペラ径	使用ゴム					ゴム重量	ゴム断面積	全機重量	ゴムの重量比	ゴムの平均トルク	水平飛行に必要なトルク	出典			
No.	Name	Type	Span b (mm)	Wing Area Sw (mm²)	Aspect Ratio AR	Mass w/o Rubber m_airframe (g)	Propeller Dia. Dp (mm)	Dp/b	Rubber					Ribber Mass m_rubber (g)	Rubber Sectional Area A_rubber (mm²)	Total Mass m_total (g)	m_rubber/m_total	Mean Torque Q_mean (N-mm)	Min. Torque (N-mm)	Ref.	Notes	
									1/16" 1.6mm	3/32" 2.4mm	1/8" 3.2mm	3/16" 4.8mm	1/4" 6.4mm									
1	F4U Corsair	Scale	572	(54435)	(6.0)	39	(229)	(40%)			4	2			12	16.9	51.0	24%	7.3	4.55	My Approach to Rubber Scale Flying, D. DeLoach	
2	Cessna CR-2	Scale	559	(52043)	(6.0)	49	254	45%				6			16	20.3	65.0	25%	9.6	6.83	My Approach to Rubber Scale Flying, D. DeLoach	
3	Bristol Scout	Scale	533	(104800)	(5.4)	53	216	40%			4	2			11.5	16.9	64.5	18%	7.3	4.63	My Approach to Rubber Scale Flying, D. DeLoach	
4	DH.94	Scale	606	(61292)	(6.0)	27	203	34%			2	2			7.5	11.9	34.5	22%	4.3	2.52	My Approach to Rubber Scale Flying, D. DeLoach	
5	F4F Wildcat	Scale	578	(55652)	(6.0)	48	(231)	(40%)			2	4			14	18.6	62.0	23%	8.4	5.57	My Approach to Rubber Scale Flying, D. DeLoach	
6	50センチ級ファイゼーシュトルヒ	Scale	490	30000	8.0	21.2	150	31%				2			3	6.8	24.2	12%	1.9	1.34	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2009年1〜2月号, 2010年3〜4月号	級上昇
7	Boston Found	Scale	406	(29493)	(5.6)	15	152	38%				2		(1.5)	6.8	16.5	9%	1.9	0.93	oz14103		
8	ARFA Senator		406	22581	7.3	14	152	38%				2			1.5	6.8	15.5	10%	1.9	0.93	AeroModeller, Jan/Feb 2013	
10	Pongo P30	P30	762	(96774)	(6.0)	(45)	241	32%					4		10	20.3	55.0	18%	9.6	3.72	oz10281	
11	Sundog (P30)	P30	762	83226	7.0	50	241	32%					4		10	20.3	60.0	17%	9.6	4.29	oz7880	
12	ピンキー30 (P30)	P30	746	74600	7.5	53	240	32%					4		10	20.3	63.0	16%	9.6	4.49	やさしい模型飛行機ガイド	
13	Cloud Tramp	Light Plane	610	40000	9.3	18	203	33%			4				5	10.2	23.0	22%	3.4	1.85	www.endlesslift.com	
14	ライトプレーン ゴム重量5g級	Light Plane, Rubber 5g	470	35000	6.3	20	260	55%					6		5	20.3	25.0	20%	9.6	3.04	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2005年4/6号	
15	ライトプレーン ゴム重量5g級	Light Plane, Rubber 5g	470	35000	6.3	20	280	60%					6		5	20.3	25.0	20%	9.6	3.44	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2006年8月号	
16	JMAライトプレーン	Light Plane, Rubber 5g	500	43650	5.7	27	260	52%	12						5	20.3	32.0	16%	9.6	3.65	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2005年5/6号	
17	第7回GPFライトプレーン大賞大会優勝機	Light Plane, Rubber 5g	488	44000	5.4	21	210	43%					4		5	13.5	26.0	19%	5.2	2.15	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2007年3〜4月号	
18a	公園用ゴム5g級ライトプレーン	Light Plane, Rubber 5g	478	38000	6.0	22.1	240	50%					4		5	13.5	27.1	18%	5.2	2.84	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2009年3〜4月号	級上昇
18b	公園用ゴム5g級ライトプレーン	Light Plane, Rubber 5g	478	38000	6.0	22.1	240	50%					6		5	20.3	27.1	18%	9.6	2.84	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2009年3〜4月号	上と同じ機体, 急上昇
19	A1 ライトプレーン	Light Plane	473	44740	5.0	15	210	44%					4		4	13.5	19.0	21%	5.2	1.56	湘南模型飛行機研究所	
20	A-40Su	Light Plane	360	33600	3.9	17	180	50%					4		3.3	13.5	20.3	16%	5.2	1.42	湘南模型飛行機研究所	
21	竹ひごライトプレーン	Light Plane	420	30000	5.9	19	180	43%	8					4	13.5	23.0	17%	5.2	1.66	CFFC 中部フリーフライトクラブ揭示板, 2023/1/12, 竹内栄重		
22	竹ひごライトプレーン	Light Plane	380	26000	5.6	15	150	39%	6					3	10.2	18.0	17%	3.4	1.03	CFFC 中部フリーフライトクラブ揭示板, 2023/1/14, 竹内栄重		
23	クッシーA	Light Plane	320	30250	3.4	14.5	180	56%				2		2.6	10.2	17.1	15%	3.4	1.23	やさしい模型飛行機ガイド		
24	ランチャーズ 1.5g級ゴム動力飛行機	Light Plane, Rubber 1.5g	304	18240	5.1	8.6	150	49%					2		1.5	6.8	10.1	15%	1.9	0.63	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2005年4/6号	
25	1.5g級ライトプレーン試作機 No.3	Light Plane, Rubber 1.5g	280	16300	4.8	7.5	150	54%	4					1.5	6.8	9.0	17%	1.9	0.57	模型飛行機クラブ会報 Lanchers, 2005年5/6号		
26	円弧翼ライトプレーン	Light Plane	300	18000	5.0	6.5	150	50%	4					2	6.8	8.5	24%	1.9	0.53	ゴム動力模型飛行機揭示板, 2022/12/20, 松本允介		
27	Squirrel	Light Plane	305	19355	4.8	8.3	152	50%					2		1.7	6.8	10.0	17%	1.9	0.62	www.endlesslift.com	
28	Snowflake	Light Plane	384	30580	4.8	10.3	178	46%					2		1.2	6.8	11.5	10%	1.9	0.65	www.endlesslift.com	

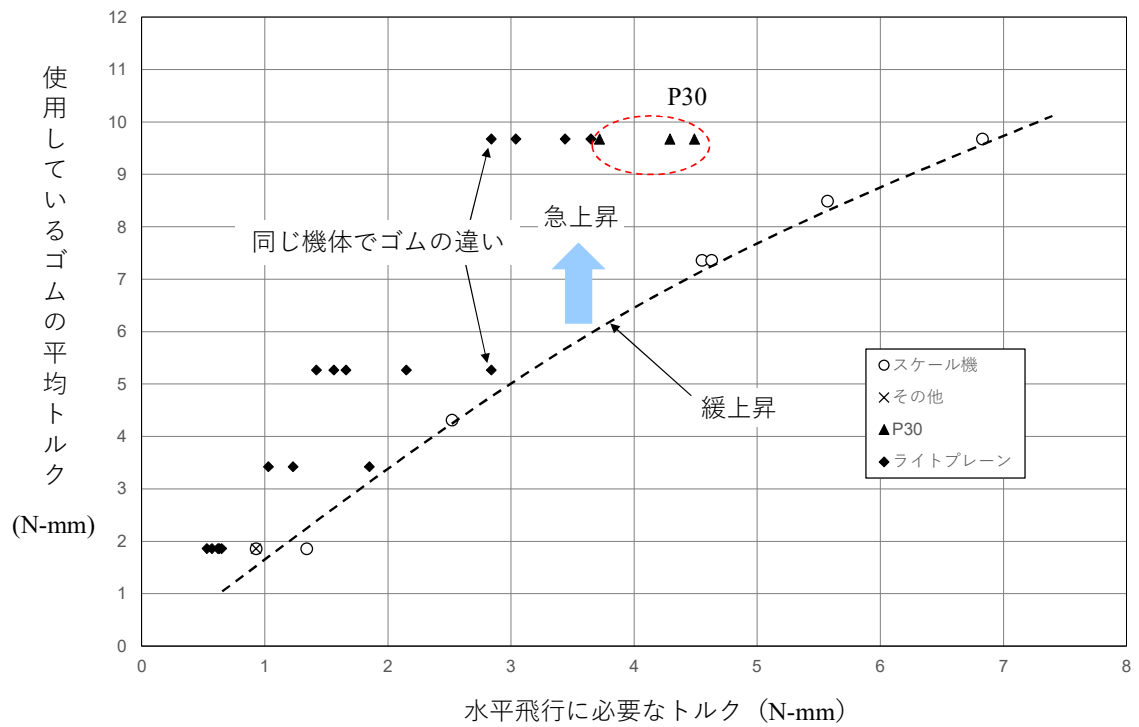


図 5-1 機体を使用しているゴムの平均トルクと水平飛行に必要なトルクの関係