

CHicK-2000 Project

女性パイロットによる人力飛行の6年間の 体力トレーニング効果について



CHicK-2000 プロジェクトチーム
“アクティブギャルズ”
パイロット 堀 琴乃(東陶機器(株))



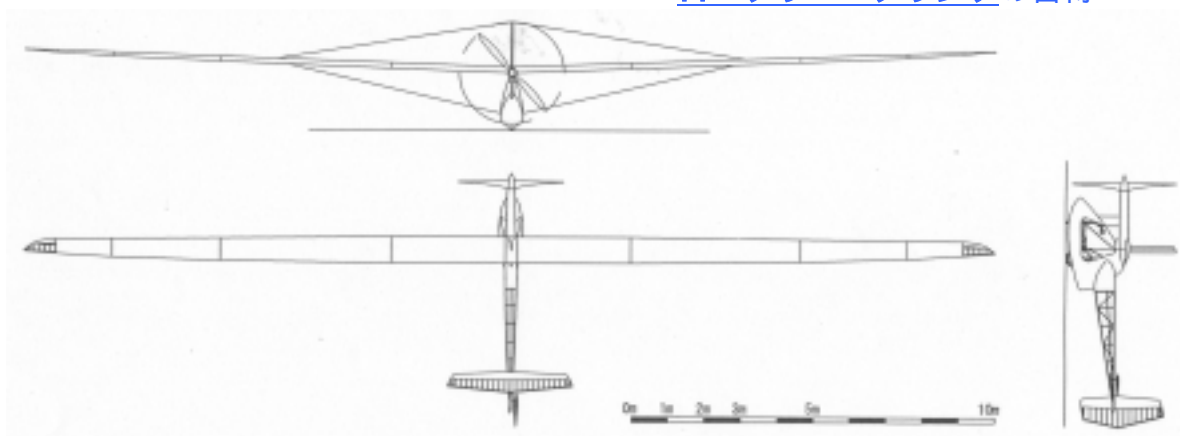
CHicK-2000 プロジェクトの目標

[飛行目標] 360度旋回（旋回半径：200m）を含む 2000m 飛行

[体力目標]

[出力パワー；180W] × [持続時間；7分]

ペダリングのスキル；脈動の無いペダリングスキル
ロータリーペダリングの習得



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

出力パワー

定常飛行の必要馬力 = $160\text{W} / \text{巡航速度 } 8.0(\text{m/sec})$

気象条件と旋回飛行に必要な余剰パワーを見込み

180W

持続時間

2000m / 巡航速度 $8.0(\text{m/sec})$ で飛行 250 秒 (4 分 10 秒)

気象条件・飛行コースのロス

エルゴメーターのトレーニングとプロペラペダリングの効率の違い

7 分

トレーニングの問題点

(1) エンジンとパイロットの両立

1. 飛行状況に応じた必要なパワーを自由に出力できるペダリング能力
2. 冷静で精密な操縦技術

(2) ペダリングスキル

1. パイロットのペダリングスキル ; 滞空時間を左右する大きな要素
2. ペダリングの脈動 ; プロペラを通過した空気が伸縮

推進 (= プロペラ) 効率が大きく低下

3. 自転車競技者が身に付けている脈動の少ないペダリングスキル

ロータリーペダリング

4. ロータリーペダリング

専用のシューズを履いて、ペダル軸を掻き回すように漕ぐ

回転数とトルクの脈動の制御効果

スキルの習得は、10 年に及ぶ毎日欠かさないトレーニングが必要

(3) パイロットの生活環境

1. 普段のトレーニングは、午後 11 時頃からが中心
2. 土曜・日曜日は、体力トレーニングができない

パイロットのトレーニング効果や体の休息面で、

精神的・肉体的に非常に不利な環境



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

トレーニングの方法

(1) パイロット；堀琴乃

生年月日：1967 年 11 月 8 日生まれ

(トレーニング着手時(1994 年 12 月): 27 歳)

身長：154 cm、体重：44 kg、**体脂肪率：20.8%**

スポーツ経験：中学・高校時代に陸上競技(幅跳び)の選手

職業：OL

1. 1992 年 7 月 5 日、我が国初の女性の人力飛行記録を樹立
2. 1992 年の記録飛行以後 2 年間は特別なトレーニングをしていない。
3. 主要な**トレーニングの時間帯は、平日の 23 時～0 時 30 分。**
4. **週末は、**機体製作や実機グライダーを用いた操縦トレーニングを中心に活動するため、**体力トレーニングは出来ない。**

(2) トレーニング期間

1994 年 12 月～2000 年 11 月の 6 年間

(3) トレーニングの方法



上： リカンベント型エルゴメーター

右： アップライト型エルゴメーター



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

運動強度と心拍数

$$\text{運動強度(\%)} = \frac{(\text{運動時の心拍数} - \text{安静心拍数}) \times 100}{(\text{運動時最高心拍数} - \text{安静心拍数})} \quad \dots \text{式} - (1)$$

暫定的に、

主要なトレーニングを行なう運動負荷 ; 180W
目標持続時間 ; 300 秒

と設定

300 秒で疲労困憊になる最高心拍数を調査;



運動中の最高心拍数 : 164 拍/分
安静時の心拍数 : 59 拍/分

60%、70%、80%の運動強度に対応した心拍数 $X_{60,70,80}$ は、式 — (1) より、

$$60 = ((X_{60} - 59) \times 100) / (164 - 59) \quad \text{より} \quad \underline{X_{60} = 122 \text{ (拍/分)}}$$

$$70 = ((X_{70} - 59) \times 100) / (164 - 59) \quad \text{より} \quad \underline{X_{70} = 133 \text{ (拍/分)}}$$

$$80 = ((X_{80} - 59) \times 100) / (164 - 59) \quad \text{より} \quad \underline{X_{80} = 143 \text{ (拍/分)}}$$

年齢を考慮した運動時の最高心拍数は、

$$\text{年齢考慮の運動時の最高心拍数} = 215 - \text{年齢 (拍/分)} \quad \dots \text{式} - (2)$$

トレーニング開始時の年齢 ; 27 歳より

$$27 \text{ 歳の運動時の最高心拍数} = 215 - 27 \text{ (拍/分)} = 188 \text{ (拍/分)}$$



190 (拍/分) を目標



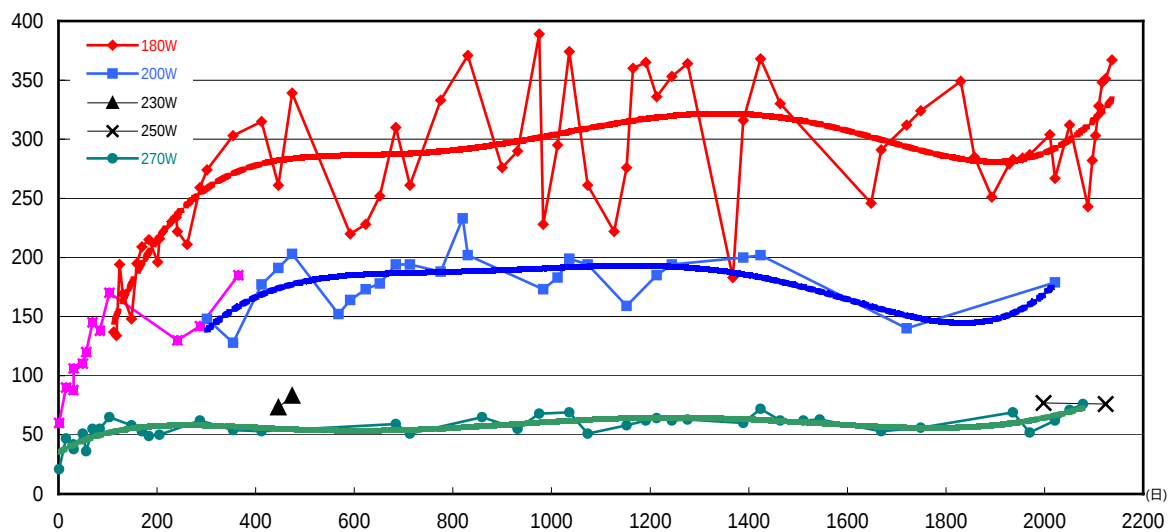
“Active Gals”

CHicK-2000 Project

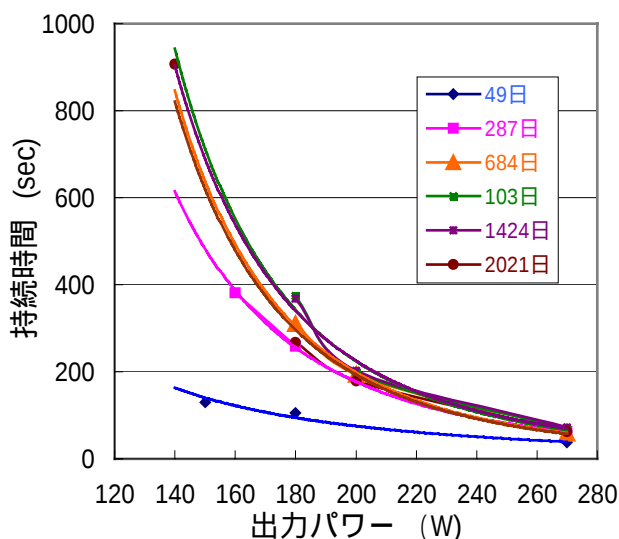
トレーニングメニューの考え方と組み立て

(1) パイロットの体調や体力変化を常時正確に把握する。

1. ペダリングトレーニング中の心拍数の変化を記録
2. トレーニング終了後にその日の体調やトレーニングの感想をメモ
3. 定期的（1ヶ月毎）に 持続時間の推移図、出力パワー & 持続時間曲線を作成
4. その月の結果と効果を見直し、翌月のメニューに反映



持続時間の推移図



出力パワー & 持続時間曲線



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

(2) “特異性”の原則と“オーバーロード”の原則

を意識したトレーニングを継続する。

1. “特異性”の原則

リカンベントスタイルの人力飛行機



日本記録樹立機 HYPER-CHick “KoToNo Limited”



“CHick-2000”

“特異性”の原則に対する重点管理項目

ロータリーペダリングのスキルの習得

必要負荷（90rpm；180W）の認識

最適なペダリングスタイルの調査



パフォーマンスの習得姿勢を実機のコクピットと一致させる

（シートの高さ・角度、操縦桿とペダルの位置・角度、股関節の開き角度、膝の伸張角度、腕・肩・頭・顎の位置と角度、腰の反力の取り方 etc.）

2. “オーバーロード”の原則

インターバルトレーニングにおける高効率な負荷とインターバルを検討

インターバルトレーニングの負荷は、**5～7回の反復回数**で疲労困憊に達する（**最大筋力の80～90%**）負荷とし、**7～10回の達成で**、負荷を上げた。

パフォーマンスの達成度の評価：体に必要な筋力が備わってからは、心拍数を**180拍/分**以上まで上げるトレーニングが出来たか否かを評価の指標に含めた。

(3) トレーニング頻度

3(日/週)以上を目標とし、疲労が蓄積されない程度を目指した。



“Active Gals”

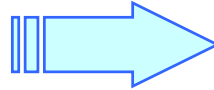
CHicK-2000 Project

(4)適切な休息の確保

1. 筋肉の疲労回復と発達 → 十分な休息（睡眠）
2. メリハリある生活 → 体の緊張を解く
3. 睡眠不足は、

体調を崩しやすい
集中力低下

レーニング効果が期待できない



睡眠時間の確保

4. 筋肉疲労の蓄積防止に、十分なウォーミングアップとクールダウン



(5)バランスの取れたトレーニング

1. トレーニングが脚部に偏る
2. 全身をバランス良く鍛える
3. 蓄積された筋肉疲労の開放

弱い部分に筋肉疲労が現れ、故障の原因
複合トレーニング
カイロプラクティック

(6)目的意識を持ったトレーニング

短期・中期・長期の目標値の設定

明確な目的意識を持ったトレーニング

短期：1ヶ月先の目標持続時間を設定する。

中期：半年先の目標持続時間を設定する。

長期：最終目標持続時間と達成時期を設定する。

(7)AT 値向上のためのトレーニング

持久力向上に、AT 値を上げて乳酸の蓄積がはじまる時間を遅らせる

より継続的なパフォーマンスの向上

(8)食事の配慮

日常生活の食事で補い難い栄養素
筋肉増強

鉄分やビタミン

プロテインやビタミン B1

摂取タイミングは、トレーニング終了後が効果的

トレーニング時間が深夜で体質的に少食 食事や栄養素の摂取が困難

トレーニング終了後に栄養剤で補給



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

DATE		起算 日数	主要なTr	トレーニングメニュー (トレーニング:Trと示す)
年	月日	(日)	注意点	
1994	12/1	1	基礎Tr	エルゴメーター未購入のため、パワーや回転数にばらつきが有る。
	1/25	55	低負荷Tr	心拍計を用いた心拍数の管理によるTrを始める。
	4/1	120	ペダル回転 数:90rpm を意識	最大パワー-60%負荷:20min / 最大パワー-70%負荷:5min / 低負荷90rpm:30min / 腹筋・背筋・腕立て伏せ・スクワット エルゴメーターTrは、3/20から開始
1995	8/29	270		105w:20min / 140w:5min / 180w(60sX5) / 270w(30sX5) / 腹筋・背筋・腕立て伏せ・スクワット
	9/24	296		180w(60sX7) / 270w(30sX5) / 110w:20min / 150w:5min
	12/9	373	180watt インターバル Tr	180w(60sX7) / 160w(90sX6) / 110w:20min / 270w(30sX5) / 140w(60sX6) 腹筋・背筋・腕立て伏せ・スクワット
	1/25	421		200w(60sX7) / 180w(60sX8) / URスタイルTr終了
	6/20	538		コンビネーション:200w(60sX1)+180w(60sX2)+270w(30sX7) 200w(60sX7) / 180w(60sX8) /
	7/14	591	ローテーション に注意	コンビネーション:200w(60sX1)+180w(60sX2)+230w(30sX7) 200w(75sX7) / 180w(75sX8) /
1996	9/13	652		コンビネーション:200w(75sX1)+180w(75sX1)+230w(30sX7) 200w(60sX7) / 180w(75sX8) /
	11/13	713	有酸素性Tr & コンビネーションTr	コンビネーション:200w(75sX1)+180w(75sX1)+230w(30sX7) 180w(85sX7) / 200w(60sX7) / コンビネーション:200w(60sX1)+180w(60sX2)+270w(35sX7) 180w(120sX5) / 200w(60sX7) /
	1/14	775		コンビネーション:100w:3min+110w:1min+120w:1min+130w:10~15min コンビネーション:100w:3min+110w:1min+120w:1min+130w:1min+140w:10~15min / 180w(120sX5~6) / 200w(60sX7~8) /
	3/1	821	フライト中の 負荷変動に 対応すること を意識	コンビネーション:100w:3min+110w:1min+120w:1min+130w:1min+140w:10min / 180w(120sX6~7) / 200w(70sX7) / 200w(60sX1)+180w(60sX2)+270w(35sX7) 180w&200w(120sX7) / 200w(70sX7~8) /
1997	4/12	863		コンビネーション:100w:3min+110w:1min+120w:1min+130w:1min+140w:10min /
	5/23	905	有酸素性Tr	110w:30~60min / 140w(3minX5) / 180w(120sX5) / 200w(60sX5)
	7/28	970	低負荷Tr 中心	110w:30~60min / 140w(4minX5) / 180w(120sX6) / 200w(60sX6)
	11/13	1078	実践的Tr	シミュレーションTr着手:270w:15s+200w:60s+190w:90s+150w:60s+190w:75s+100w:30s / 110w:30~60min / 140w(4minX7) / 180w(120sX6) / 200w(60sX7) /
	1/31	1157	ベタリングTrとシ ミュレーションTr の両立	シミュレーション内容変更: 270w(15s)+200w[192w:15s+204w:15s+216w:15s+227w:15s]:60s+190w:90s+150w:60s+190w:75s +100w:30s / ジョギング10min~20min
1998	5/4	1250	高負荷Tr	140w(4minX7) / 180w(120sX6) / 200w(60sX7) / 筋力Tr / シミュレーション: 270w:15s+200w[192w:15s+204w:15s+216w:15s+227w:15s]:60s+190w:90s+150w:60s+190w:75s +100w:30s
	6/5	1282		140w(4minX7) / 180w(120sX6) / 200w(60sX7) / 筋力Tr
	9/26	1394	Tr時間の確 保に努める	140w(4minX7) / 180w(120sX6) / 200w(60sX7) / 筋力Tr
	2/28	1550	漸増負荷 Tr	100w:10min+120w:4min+140w:4min+150w:3min+160w:3min+170w:2min+180w:2min+190w:1min+ 200w:1min / 100w:10min+120w:4min+140w:4min+150w:3min+160w:3min / 170w:2min+180w:2min+170w:2min+180w:2min+170w:2min / 190w:1min+200w:1min+190w:1min+200w:1min+190w:1min /
1999	9/21	1755	足に急な負 荷変動を与 えない注意	腹筋・背筋・腕立て伏せ・スクワット・ストレッチ再開
	11/1	1796	高負荷Tr	140w:2min+180w(2minX5) / 150w:2min+200w(1minX5) / 270w(10secX3)+120w:4min+140w(4minX3)
	3/26	1941	離陸時の高 負荷を認識	140w:2min+180w(2minX5) / 150w:2min+200w(1minX5) /
	4/1	1946	筋力Tr	140w:2min+180w(2minX5) / 150w:2min+200w(1minX5) /
	7/18	2055	3種類以上の 筋力Trのロー テーション	腹筋・背筋・腕立て伏せ・スクワット・ストレッチ再開 *プロペラ実装コクピットを使ったベタリングTr導入
2000	8/14	2082	記録飛行 に向けた 調整及び 追い込み のTr	270w(10sX3)+120w:4min+140w(4minX3) / 140w:2min+180(2minX5) / 150w:2min+200(1minX5) *ハール導入 42.0 kg *ハール 42.0 kg → 48.0 kg
	9/2	2101	記録飛行に 照準を合わ せ、体力と体 調をクライ マックスに調 整する	140w(4minX7) / 160w(3minX7) / 180w(2minX7) / 200w(1minX7) *ハール 48.0 kg → 54.0 kg
	9/8	2107		<140w:4min & 160w:3min & 180w:2min 中心> *ハール 54.0 kg → 60.0 kg
	9/22	2121		以下、漸増負荷Trを取り入れ<180w:2min & 200w:1min 中心> *ハール 60.0 kg → 68.0 kg
	11/16	2176		11/4、5、18、19 記録飛行

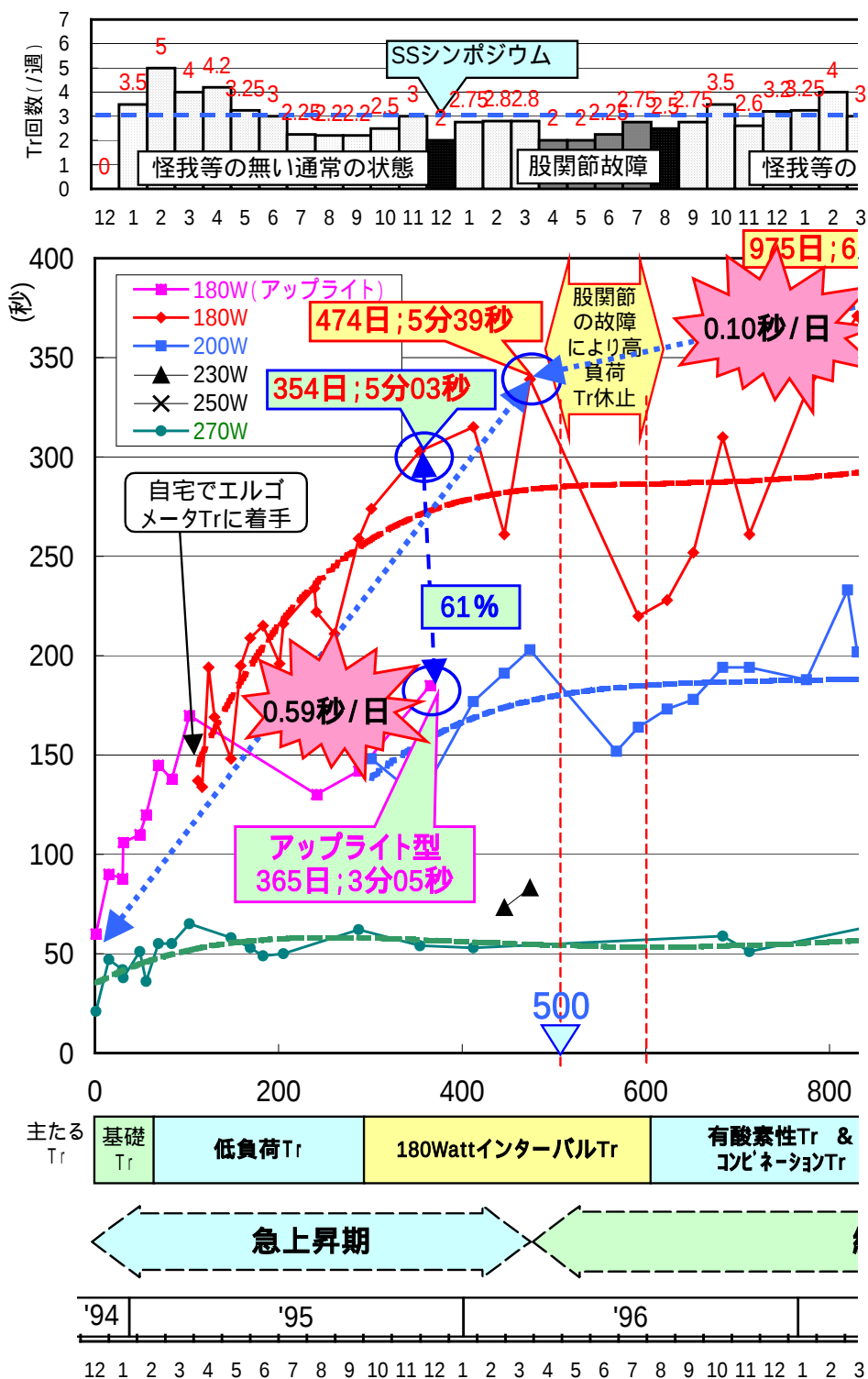


“Active Gals”



CHicK-2000 Project

(1) 持続時間の急上昇期



"Active Gals"

CHicK-2000 Project

(2) 持続時間の緩上昇期

1. 股関節の故障原因

リカンベント型の姿勢で普段使わない筋を長期間鍛えたことにより筋力のバランスが悪くなった

筋肉疲労の蓄積

背骨や骨盤の向きに関係した姿勢の悪さ

ポイント

身体全体をバランス良く鍛える

筋肉疲労が蓄積されて故障が発生する前に開放

日常のトレーニングで弱い部分を鍛えておかないと、

カイロプラクティックでの疲労の開放や治療が有効に効かない

精神面のストレスの解消

アロマテラピーなどのリラクゼーションが有効

2. 最大酸素摂取量と運動中の血液中の乳酸値の測定



最大酸素摂取量の測定

測定日 ; 1997 年 5 月 10 日 (892 日目)

最大酸素摂取量 : 最大運動能力 170W

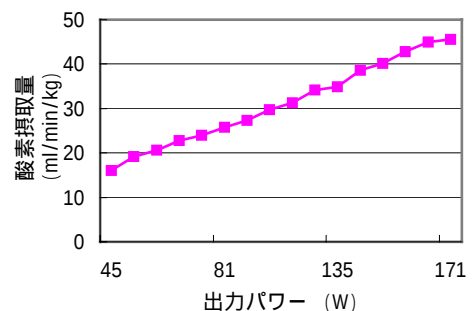
45.60 ml/min/kg

AT 値 : 80 ~ 90W、LT 値 : 110W、OBLA 値 : 138W

陸上競技の優秀な長距離選手 ;

50 ~ 60ml/min/kg

20 代後半の女性の平均値 ; 32ml/min/kg



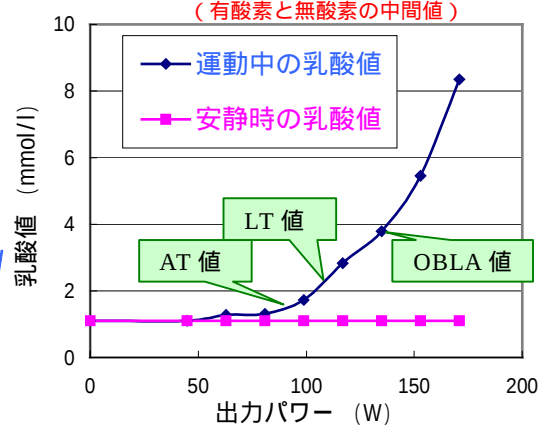
最大酸素摂取量の測定

AT 値 ; 乳酸の溜まり始める瞬間の値

LT 値 ; 安静時の乳酸値より 1mmol/l 高い値

OBLA 値 ; 安静時の乳酸値より 4.0mmol/l 高い値

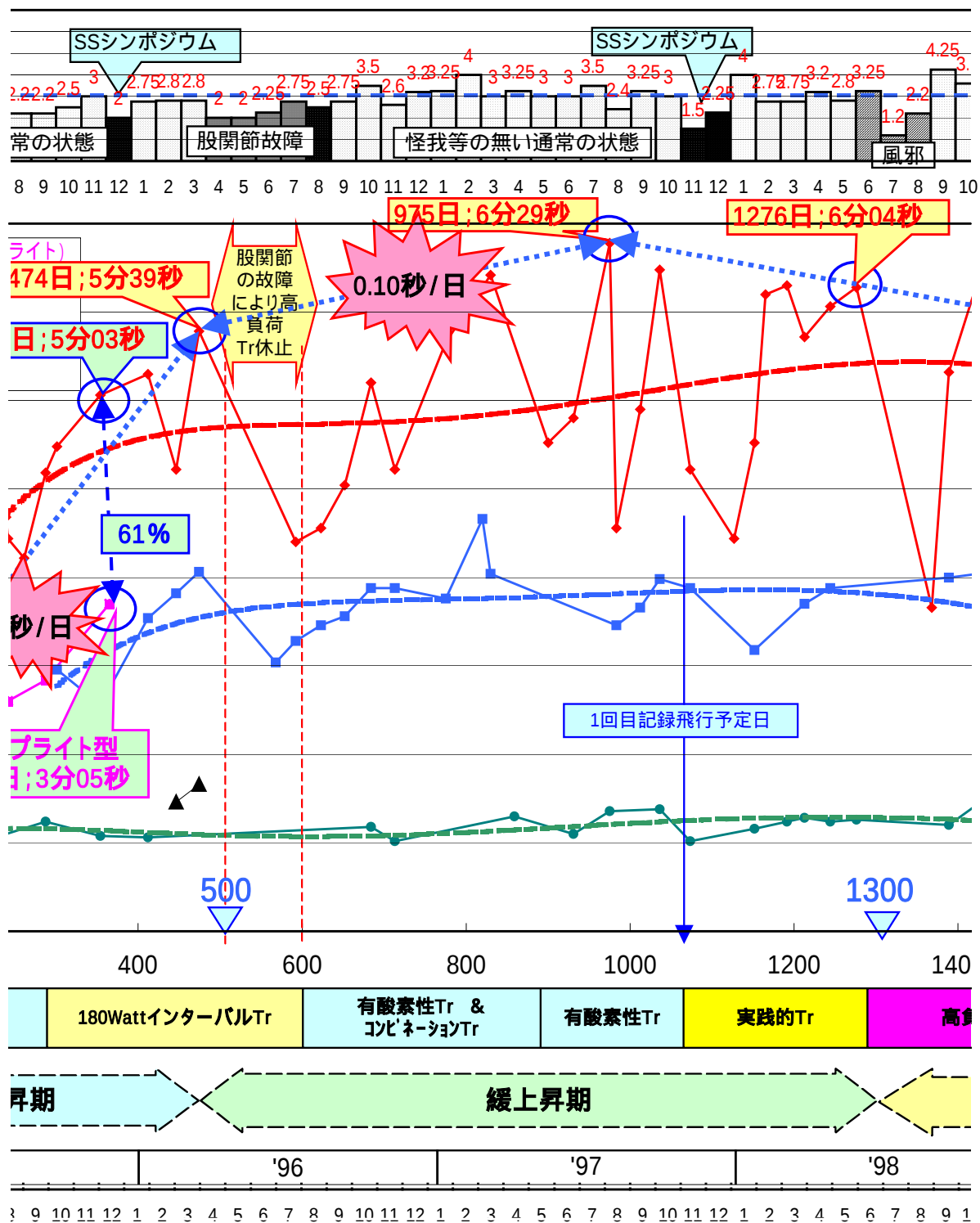
(有酸素と無酸素の中間値)



乳酸値の測定

“Active Gals”

CHiCK-2000 Project



トレーニング頻度と持続時間の推移



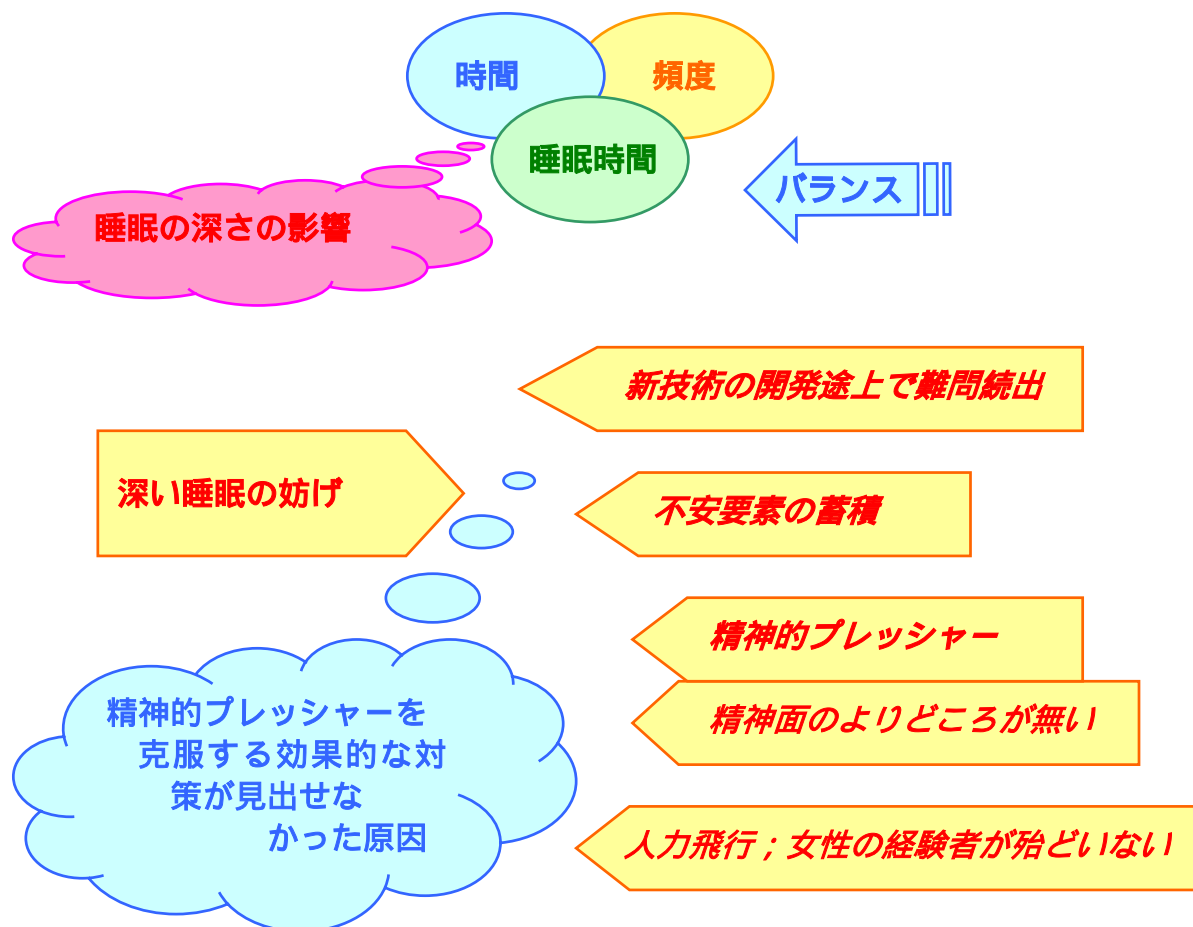
“Active Gals”

CHicK-2000 Project

3. 苦勞してトレーニング時間と頻度を確保しても、



4. トレーニング効果の3要素



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

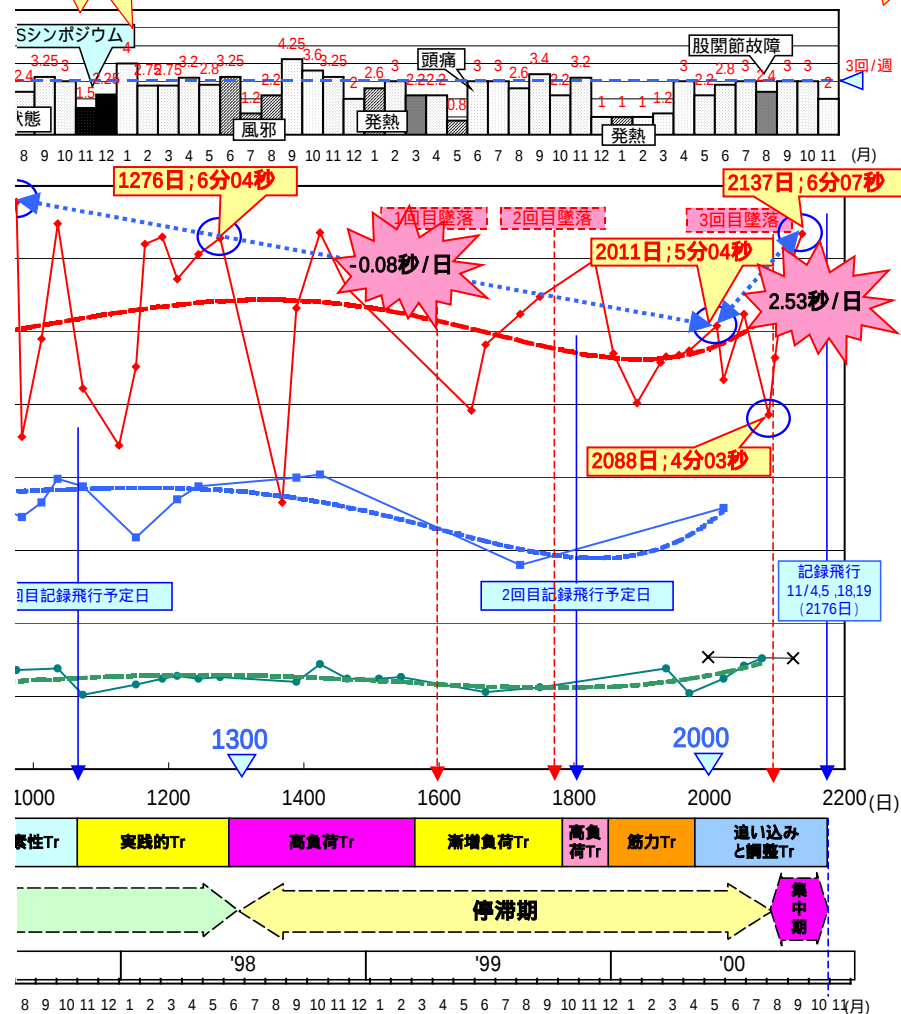
(3) 持続時間の停滞期



2 回目の墜落（空中分解） 幸いパイロットに大きな怪我は無かった。

不安感

パイロットの目的意識を見失い自信喪失



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

(4)持続時間の短期集中急上昇（回復）期

1. バーベルを利用したハーフスクワットトレーニング

最初のバーベル負荷

パイロットの体重を基準

↓
42kg

負荷の増加

ハーフスクワット；

10 回×3 セット達成

1 回の増加量；体重の 15%

負荷は体重の 160%まで

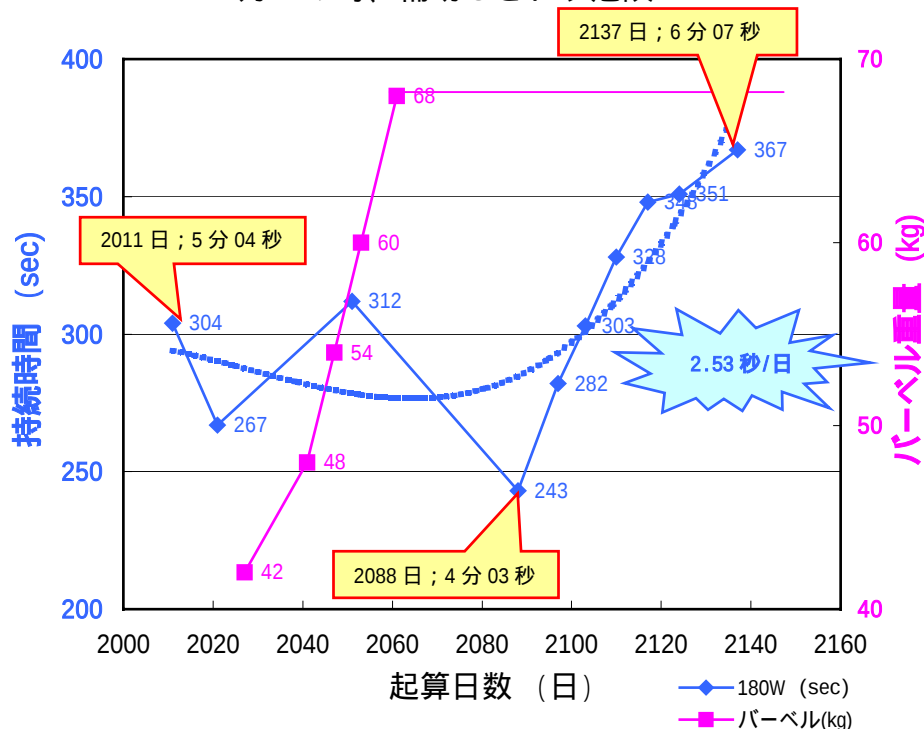
それ以降はセット回数を増加



バーベルを利用したハーフスクワットトレーニング

補助者なしで行なうと危険；2名の男性補助者

負荷の増加停止は、体の故障を引き起こしかねない
故障した時のダメージが大きい
万一の時、補助しきれず危険



バーベル重量の増加と180Wの持続時間の推移



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

2. 3 回目の墜落

記録飛行 70 日前、3 回目の墜落

精神的ショック極限



〔 墜落原因 〕

パイロット誘起振動
(PIO : Pilot Induced Oscillation)

3 回目の墜落 (PIO) ; 大破

飛行中に縦の振動が生じたとき、それを修正しようとしたパイロットが逆にその振動を大きくしてしまう形態の振動

人間の反射神経で修正できない

機体の修理と改造に全力を傾注

睡眠不足の連続

それでも、体力と持続時間は急速に回復した

〔 急速回復の原因 〕

墜落原因が判明し、パイロットの目的意識を再認識でき、記録飛行に希望が見えた。

睡眠時間は短いながらも深い睡眠を確保

筋力トレーニングの効果に加えて、
人力飛行の記録に挑戦する認識に基づく、
気力と精神力の集中との複合効果



“Active Gals”

CHicK-2000 Project

まとめ

6年間のトレーニングの結果、以下が明らかになった。

1. 体力は、適切なトレーニングを3回/週以上の頻度で実施すれば確実に向上する。
2. 瞬発力（短繊維）の強化は比較的短期間で可能。
3. 筋持久力（長繊維）と心肺機能の強化は長期間に渡る計画的なトレーニングが必要。

特に、短期集中急上昇（回復）期間の172日間においては、
持続時間は体調に無関係に回復、向上した。

これは、

目標が明確

集中力の向上

トレーニング頻度（3日/週以上）の確保

有効な複合トレーニングの実施

2大原則（特異性・オーバーロード）の厳守

深い睡眠の確保

が良い方向に循環できた。

また、

1度獲得した体力は、それが極端に低下していなければ、

{ 目的意識を明確
2大原則に即した複合トレーニングを効率的に組み合わせれば、

年齢や体調にそれ程大きな影響を受けずに、

比較的短期間に回復することがわかった。



“Active Gals”

青森県立三沢航空科学館（仮称）

MISAWA AVIATION & SCIENCE MUSEUM, AOMORI

OFFICIAL SITE



所在地 : 青森県三沢市大字三沢字北山地内

構造 : 鉄骨造・SRC造

規模 : 地上2階建て・一部3階

延床面積 : 10,869.487m²



“Active Gals”