

レーザーエネルギー伝送型カイトプレーン

報告者 大学院総合理工学研究科 教授 河島信樹
共同研究 NEDO フェロー 武田和也
マイビジョン 松岡久典
(株)アトリム 渡辺隆元
茂田哲男
(株)スカイリモート 岡部和夫

1. 背景と意義

大災害の時、重要となってくるのが状況把握・通信路確保である。このような場合小型無人飛行機を用いることで早急な対応が可能である。災害時の他、資源探査、環境観測にも小型無人飛行機の利用は考えられる。しかし現存する模型飛行機は燃料やバッテリーによって飛行時間が限られてくる。そこで、長時間上空滞在可能な飛行体実現のため、地上からのレーザー光伝送でエネルギーを連続供給することを考えた。我々は小型無人飛行機カイトプレーンを新規に開発し、長時間連続飛行が可能なレーザー・エネルギー伝送型飛行体の開発を行った。

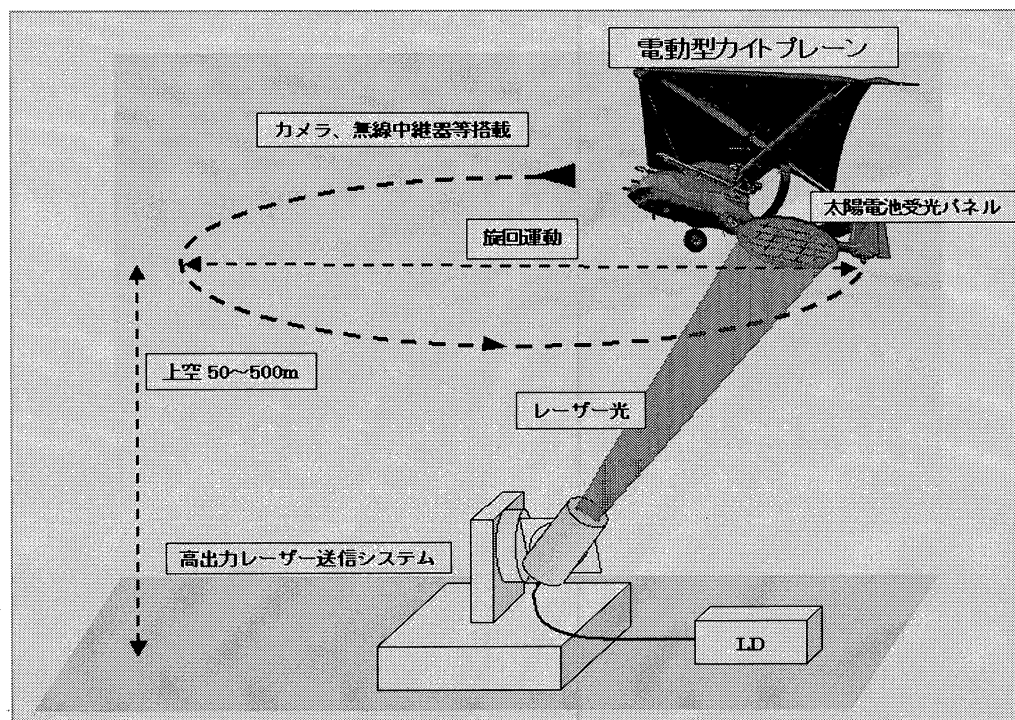


Fig.1 カイトプレーンへのレーザーエネルギー伝送

これは地上から上空のkiteプレーンに搭載した太陽電池パネルにレーザーを照射し、飛行しながらエネルギーを伝送するシステムである。安価、機動性が高い、GPS利用の自動操縦が可能、などの特長を有し、極めて長時間の上空滞在が可能となる。特に災害時、非常時の状況把握や通信確保に応用が期待できる。

2. 事業実施体制と役割分担

2-1. 研究開発責任者

研究開発責任者：

近畿大学総合理工学研究科

河島信樹

kiteプレーン開発責任者：

(株)アトリム

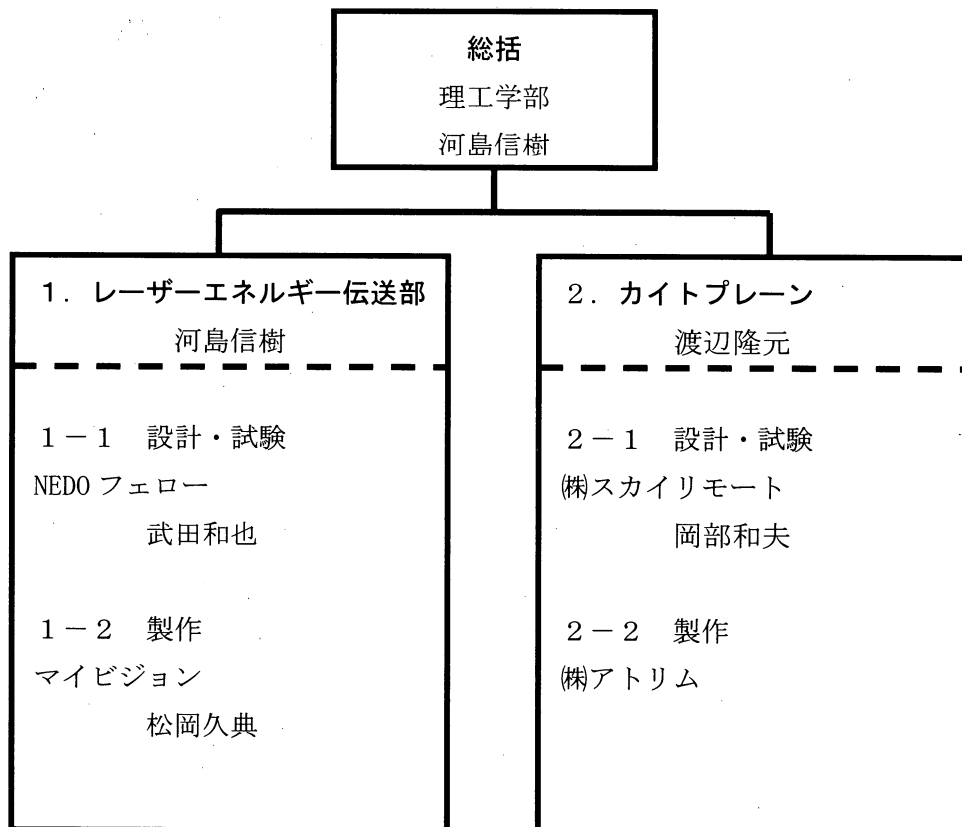
渡辺隆元

レーザー本体及び追尾装置

近畿大学総合理工学研究科

河島信樹

2-2. 研究分担



3. 技術基盤

レーザーを使ったエネルギー伝送としては1970年代からNASAにおいてロケットへのエネルギー伝送が検討されている。飛行機へのエネルギー伝送は1978年にNASAにおいて衛星軌道からのエネルギー伝送が、また最近ではNASAのグループが2003年10月に室内で約310 g の模型飛行機を飛行させている。また国内では2002年に東工大の矢部教授が水にパルスレーザーを照射して蒸発させ、その勢いを利用して紙飛行機を飛行させるのに成功している。これまで河島研究室では月にあるとされている氷を探索するための探査車「氷探査ローバー」を長期間運用するための方法として外部からエネルギー供給する事を考えた。これは半導体レーザーを用いたエネルギー伝送の研究で、2003年末に地上での1.2kmの伝送実験を成功させている。この実験では全長約1m

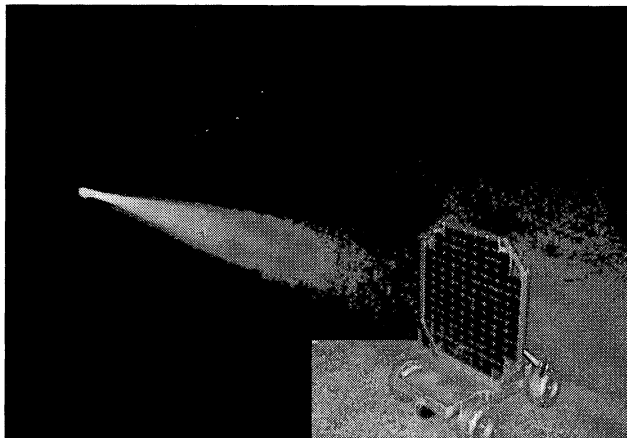


Fig.2 1.2km レーザーエネルギー伝送実験

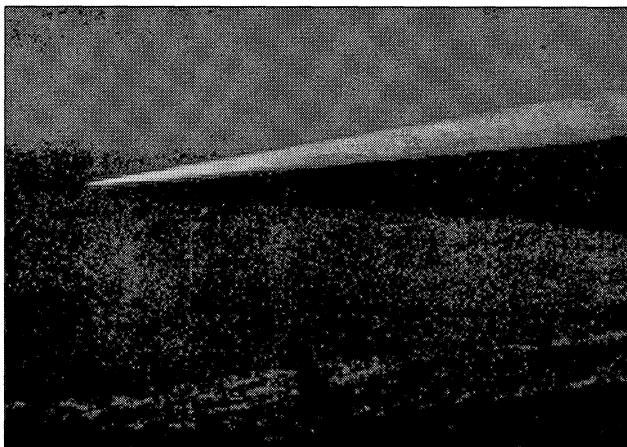


Fig.3 7km レーザー伝搬観測実験

の月面氷探査ローバーの実機大モデルを作成し、大出力ファイバカップリング半導体レーザー（コア径：400 μm 、出力：60W）を用いて淀川河川敷のゴルフ場にて実証実験を行った。これまでこれほど長距離での大出力半導体レーザーと太陽電池を使用したエネルギー伝送実験はこれまで行われたことがない。大気中での大出力レーザーエネルギー伝送は地上での応用の場合、人間が行きにくい場所で調査・作業するロボットや飛行機に対して長時間活動できるエネルギー源を確保することになる。実験は淀川河川敷にあるゴルフ場において1.2 kmの見通しがある場所を使用して夜間に実験を行った。このとき使用した装置では太陽電池パネルの変換効率が20%以上で探査模型車を駆動することが確認されている。この実験の一環としてさらなる長距離レーザーエネルギー伝送につながる7km レーザー伝搬観測も成功している。

また原子炉事故対応救助ロボットへのエネルギー伝送の研究も行っている。これは人間がアクセスできない領域で働くロボットで一度そこへ入ったら戻ってこれないところ、例えば

- 1) 原子炉事故で強い放射線に被爆される
- 2) テロでサリン等の化学物質で汚染れる
- 3) 戻ってはこれるが、戻するのに時間がかかり緊急の長時間作業が要求される

などの場所で活動するロボットに離れた場所からエネルギーを供給するというものである。

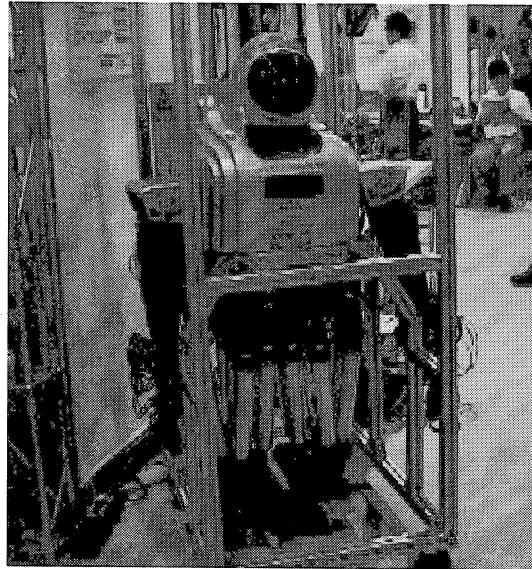


Fig.4 緊急人命救助／事故探査ロボット

一方アトリムのカイトプレーンはこれまで雲仙普賢岳周辺の調査・三宅島の観察、気体採取を行い実際に活躍している。今後は浅間山の観測を行う計画がある。

3-1. 構成

全体の構成は、カイトプレーンとレーザーエネルギー供給部および追尾装置部から構成される。

i). カイトプレーン

・機体諸元

全長	780mm
全幅	1360mm
全高	580mm
翼面積	50.32 d m ²
重量	800g
ペイロード量	600g
	(装置電池等含む)

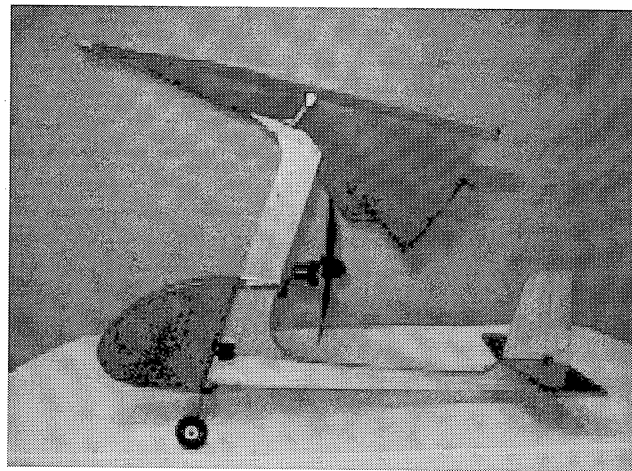


Fig.5 カイトプレーン

・モーター諸元

型式 ULTRAFly 製 UF-PSBLG29 A/30/29 Brushless Sensorless Motor

減速ギア比 18 : 70 (3.89)

・モーターアンプ諸元

型式 Castle Creations 製 PHOENIX-25TM

パルス周期 11Khz (PWM)

最大消費電力 連続 277.5W(11.1/25A)

瞬間 388.5W(11.1/35A)

飛行時消費電力 50W(11.1V/4.5A)

・手動制御方式

PCM方式RCプロポ (9ch中5ch使用)

周波数 7.3Mhz 産業用ラジコン用周波数帯

送信機 JR 製 PCM9X (500mW)

受信機 JR 製 R1000DS 32g

RADD サーボ JR 製 DS381 9g

ELEV サーボ JR 製 DS381 9g

・自動飛行制御

方式 GPS 位置取得登録ポイントトレース方式

CPU H8 (HD64F3069RF25)

I/O RS232C ポート×2 (無線モデム, 磁方位センサー)

デジタルシリアルポート (GPS)

RC サーボ信号入力×5 (THRO, AILE, ELEV, GEAR, AUX2)

RC サーボ信号出力×3 (THRO, RADD, ELEV)

AD 入力ポート×8 (CPU 電池電圧, モーター電池電圧等)

無線モデム JRC 製

消費電流 CPU : 最大 0.74W(7.4V/100mA)

無線モデム : 最大 2.22W(7.4V/300mA)

動作時間 2時間 (7.4V/880mA リチウムポリマー電池使用時)

・太陽電池パネル

直径： 330mm
厚さ： 7mm
重量： 約 134g
材質： 発泡スチロール

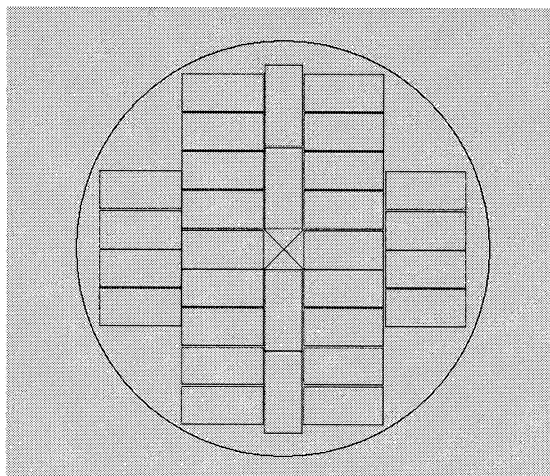


Fig.6 太陽電池パネル

Single-Junction GaAs 太陽電池セル
LD200W 照射時の最大出力

30 枚 (10 枚直列を 3 並列)
約 45W (カイトプレーンと接続)

ii). レーザーエネルギー供給部

・水冷式半導体レーザー

サイズ：縦 540mm×横 340mm×高さ 1190mm
重量：約 120kg
型番：HLU200F400-808 (LIMO 社)
出力：200W/cw
波長：808nm
冷却方式：水冷
ファイバーコア径：400 μ m
ファイバークラッド径：480 μ m
ファイバー長：1.5m
最大電流：54A

LD 用チラー：

設定水温：15 $^{\circ}$ C
冷却能力：760W (水温 15 $^{\circ}$ C時)

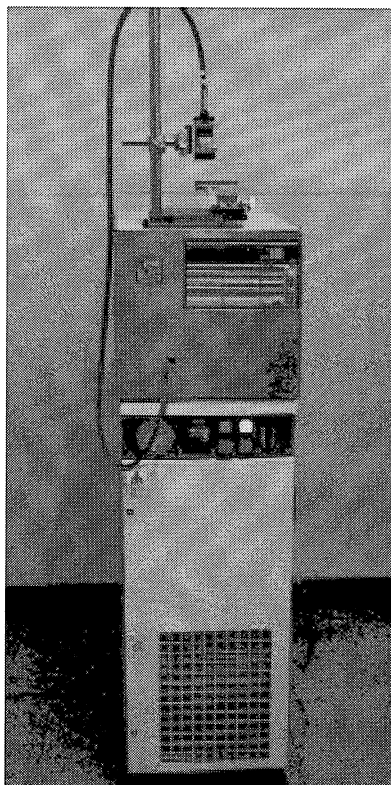


Fig.7 半導体レーザーシステム

・ペルチェ冷却式半導体レーザー

サイズ：700×300×450mm

重量： 約38kg

半導体レーザー：水冷と同じ

ペルチェ冷却装置：

駆動電源：DC130V、4.5A

最大吸熱量：255W

台数：2台（10mm厚銅板使用）

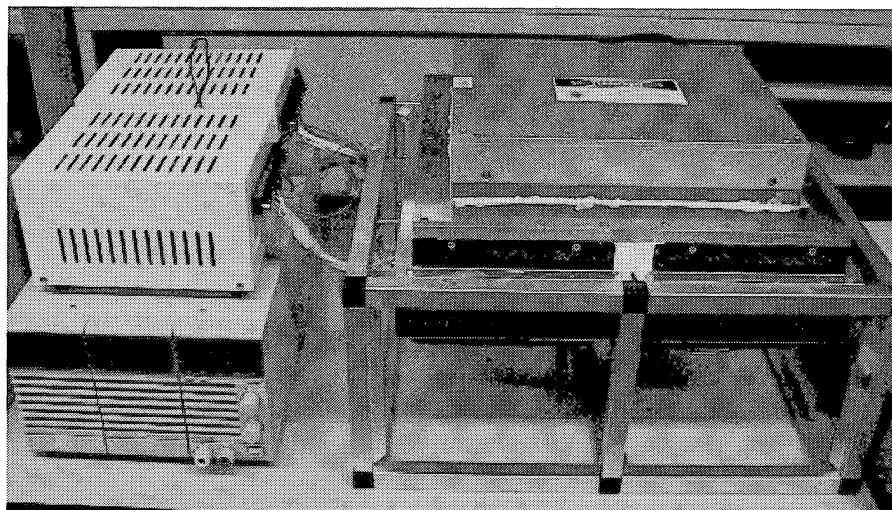


Fig.8 ペルチェ冷却式半導体レーザーシステム

iii). 追尾装置部

カイトプレーンの追尾にはエネルギー伝送用レーザーを用いてカイトプレーンの位置を検出する方法をとっている。カイトプレーンの太陽電池パネル中央部分にコーナーキューブを取り付け、その反射光を常に観測する。観測のためレーザー光射出レンズ付近に受光用レンズを置き、4分割フォトダイオード上に集光し、集光点の移動によってカイトプレーンの位置を検出する。

- 寸法： 300×230×347mm
重量： 約 7kg (駆動部+レーザー送信部)
追尾精度： 約 0.8[mrad] (機械精度 0.1mrad)
速度： 0.2[rad/s]
追尾範囲： ±30° (0° 位置は±90° 可変)
軸数： 2 軸
使用回転台： シグマ光機 SGSP-60YAW・SGSP-120YAW (パルスモータ使用)
検出装置： 4分割フォトダイオード
集光用レンズ： 直径 10mm、焦点距離 60mm
(エネルギー伝送用集光レンズ、直径 25mm、焦点距離 60mm、伝送距離 50m、スポット径約 30cm)
制御装置： パルスモータ脱調防止 pic 回路使用

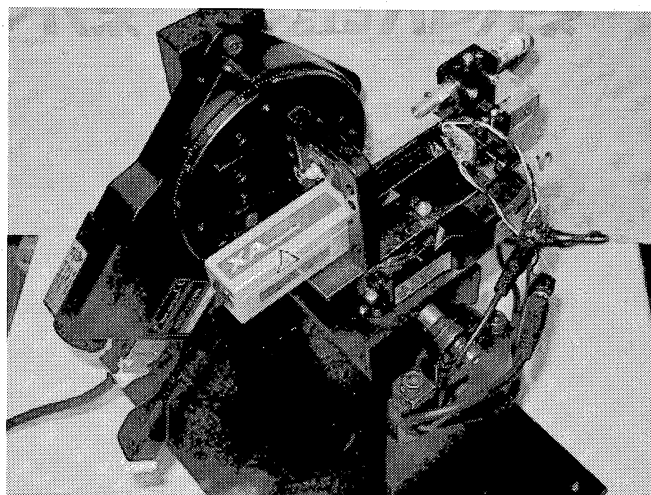


Fig.9 追尾装置

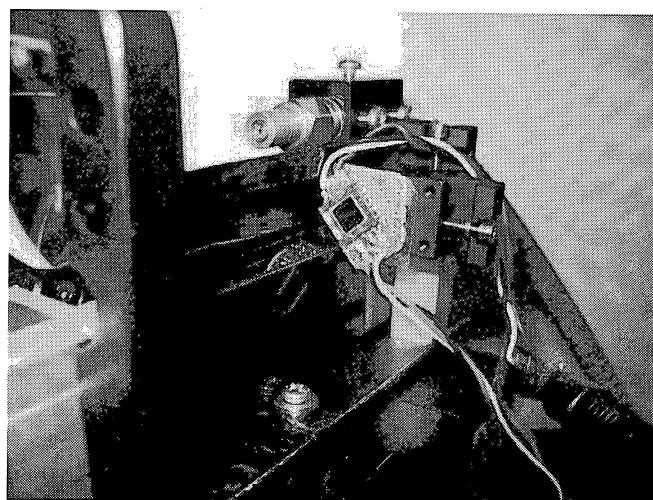


Fig.10 4分割フォトダイオード

4. カイトプレーン実験

近畿大学南グラウンドにてカイトプレーンの飛行テストを行った。これは太陽電池パネルを搭載したときのカイトプレーンの動き、そして風の影響、太陽電池パネルの形の影響を見るために行った。太陽電池パネルは円形のもので、重量を本番用に合わせたダミーパネルを使用した。

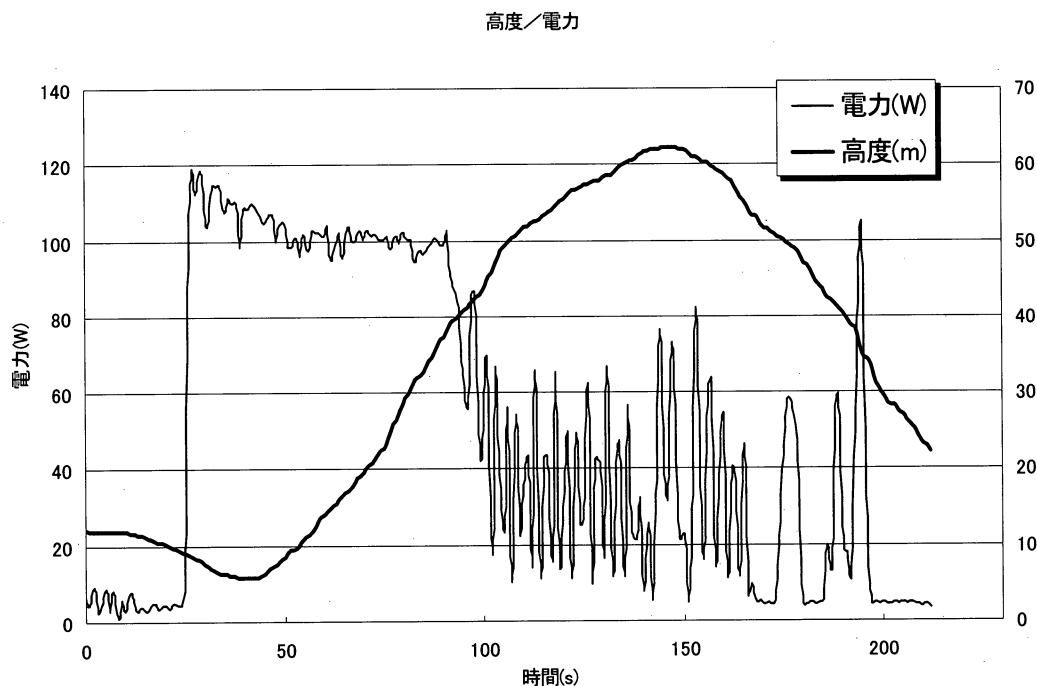


Fig.11 カイトプレーン屋外実験時の電力

実験時風速 3～4 m 程度の風が吹いており、その影響もあったが、ある程度の高度 50～60 で旋回運動するとき、どうしても風にながされてきれいな円運動ができなかった。また上昇時には安定した飛行を見せていたが旋回運動のとき、特に風にむかって飛行するときは上下運動がみられ、地上から太陽電池パネルを見るのが難しかった。さらに旋回するときの旋回半径が風上から風下へ向かうとき大変小さく、バンク角も大きなものになってしまった。

計測の結果、上昇時には約 100W、旋回運動時には約 20W～60W という消費電力であった。

またこのとき、水冷式半導体レーザーを運び、地上にて追尾可能か 50m の距離を離して行った。振動により追尾のロックが外れてしまう現象がみられた。

5. 今後の課題

実験結果、カイトプレーンには飛行安定性と消費電力、追尾装置には振動の問題が出てきた。今後カイトプレーンは翼の形状・角度・重心位置・電力関連を、また追尾装置はモーター制御方法とキャプチャー方法を中心に解決を行っていくつもりである。