
UFOCapture による夜空観測ガイド

SonotaCo <sonotaco@yahoo.co.jp>

【はじめに】

UFOCapture は突発現象をその発生の数秒前からハードディスクに動画記録するパソコン用ソフトウェアである。UFOCapture は夜空の発光現象検出のための様々な機能を備えており、セットして放置するだけで流星、火球はもとより、スプライトなどの短時間発光現象、さらには未知の突発現象を自動的にキャプチャすることができる。また、後処理ソフト UFOAnalyzer を併用すれば、キャプチャされた映像からレンズ収差等を補正し、恒星位置を基準として事象の方位仰角を求めることができる。

自然界には時間的に稀であるためにこれまで観測が難しかった現象が無数にある。例えばスプライトは、雷雲に伴って日常的に発生しているにも関わらず、その存在が確認されたのは 1990 年である。有史以来身近に発生している現象がそれまで見つからなかったことは、稀な現象を捉えることの難しさを物語っている。しかし、2003 年秋に UFOCapture が使用され始めて以来、既に多くのユーザが極めて多数の流星を始めとして、スプライトやエルプスといったこれまでアマチュアでは観測例のない現象を次々と捉えている。2004 年 7 月にはプロの研究者が長年追いつめていた夏の積乱雲に伴うスプライトを日本で最初に捉え、さらに、世界でも例のない未知のジェット状発光現象の観測にも成功している。これは、コンピュータによる長時間自動観測の威力を物語るものである。

UFOCapture は時間的に稀なものを捉える新しい目とすることができるが、必要機材はアマチュアでも入手可能なものばかりである。観測成果は延べの観測時間に依存している。より多くの人により長時間観測することによって、さらなる観測成果が期待される。

本ドキュメントは、UFOCapture を使用した夜空の観測をより多くの方に始めていただくためのガイドである。自動観測出来るようになるための基本編と、より高度な観測を目指すためのノウハウ集からなっている。説明は夜空の観測に最低限必要な範囲に留めている。ソフトの機能を網羅的に知りたい場合には、各ソフトの解説ホームページを参照されたい。しかしながら、これらは、あくまで参考に過ぎない。夜空の動体監視は始まったばかりの分野であり、自然相手の作業では、状況に応じた対処と、新しい創意工夫が常に必要である。新たな観測手法は新たな成果を生む。各位におかれては、本書に捕らわれることなく新たな可能性に挑戦して頂きたい。そして、もし観測成果や新しい観測手法が得られた折には、是非それを公開し、多くの人に役立つように配慮いただければ作者としてこの上ない喜びである。

V0.6 2004 年 9 月 8 日

目次

【はじめに】

【基本編】

観測システム構築の流れ	3
カメラの設置場所	4
機材の準備	6
ハードウェアの設置と調整	1 1
UFOCapture の導入と設定	1 5
テスト観測	2 1
本観測	2 2
後処理	2 4
UFOAnalyzer による分析	2 6

【応用編】

カメラとレンズの選択	3 4
ケーブルの延長方法	3 5
WAT-100N のコントローラーを外す	3 5
ノートパソコンを用いた移動観測	3 6
UFOCapture パラメータ詳細	3 7
複数のカメラの結果の分析	4 1
個別クリップの再分析	4 1
等級の修正	4 2
色々な静止画	4 3

【終わりに】

【参考情報】

【基本編】

観測システム構築の流れ

ここでは、流星やスプライトなどの夜空の発光現象を自動キャプチャするシステムの基本的な構築方法を説明する。観測システムの構成を以下に示す。

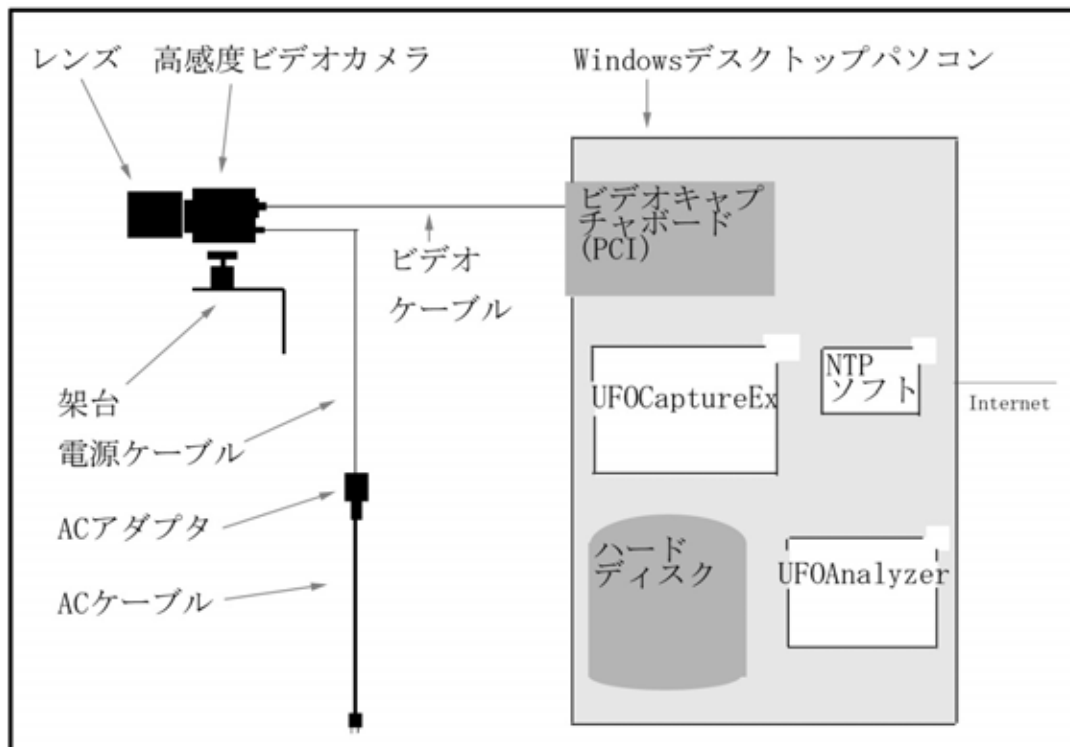


図1 観測システム構成

作業は次の手順で進める。

カメラとパソコンの設置場所を決める

必要な機材を揃える

ハードウェアを設置/調整する

ソフトウェアを準備/設定する

観測する

後処理する

結果を分析する

カメラの設置場所

システム構築に当たっては、最初にカメラの設置場所を次の条件を考慮して決定する。

- 視界が開けている。
- 三脚、L 時金具、ポールなどの架台を設置してカメラを固定できる。
- カメラの電源ケーブルを引くことができる。
- ビデオケーブルをパソコンまで引くことができる。
- 必要な場合、カメラの方向変更や速やかな撤収が容易にできる。

この中で、特に、視界については観測目的に応じた配慮が必要である。視界はレンズの画角に応じて最低限の角度が決まる。WAT-100N+6mm 場合で水平 60 度、垂直 45 度程度は上空が見えている必要がある。初期の観測においては視野内に地上風景を入れることはできるだけ避け、安定した北の中空を狙うと良く、北の上空が開けていることが望ましい。さらに、カメラの設置場所の決定に当たっては、以下を参考に本観測での観測方向を考慮しておく。

流星やスプライトは出現高度がほぼ決まっているので、カメラの仰角によって、どの程度の距離のどの程度の高度で発生した現象が視野に入るかが決まる。より遠方の現象を捉えたいと思えば、より低空を狙うことになる。低空は地上光の影響が大きく、飛行機や鳥なども視野に入りやすくなるため、最初は推奨できないが、スプライト観測などでは必須となる場合もある。仰角、距離、高度の関係を次の図に示す。尚、極めて稀なケースではあるが、火球や隕石は高度 20km 以下まで発光が観測されることがあるので、この点にも留意したい。

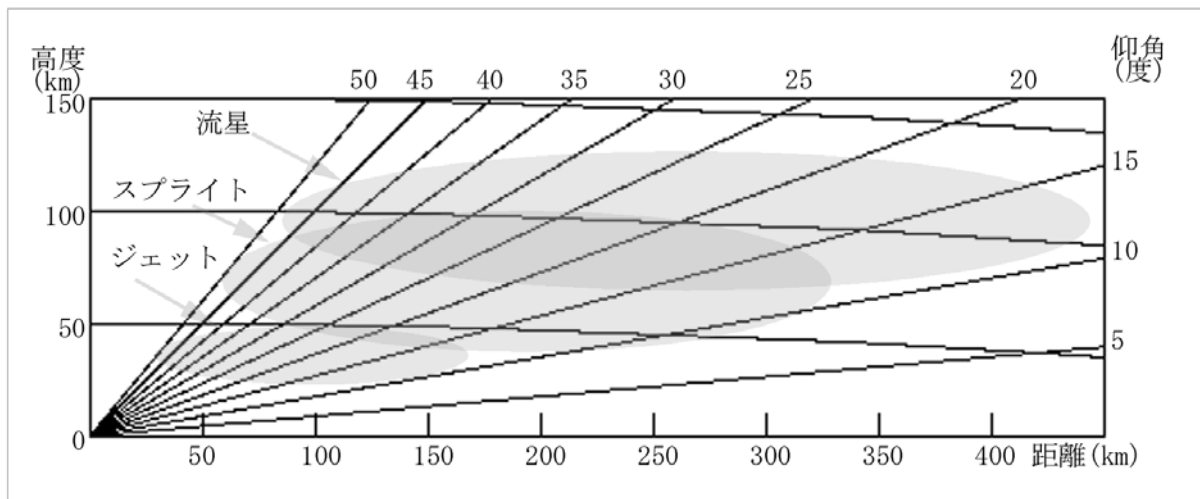


図2 観測仰角と現象の距離高度の関係

当然だが、遠距離の現象は小さくしか映らない。これまでの経験では WAT-100N+6mm で 300km 程度までの流星やスプライトは良好に映ることが判明している。400km 以上離れた場合には鮮明な映像はあまり期待できない。もちろん超低空も視野が開けていることが望ましいことは言うまでもないが、地上付近の雷雲を視野に入れたい場合などを除いて無理をして超低空を狙う必要はない。仰角 10 度程度まで視界が開けていれば一応の観測が可能である。

以下は WAT-100N+6mm によって東京から北陸地方のスプライトを捉えた実写映像に方位仰角を書き込んだものである。

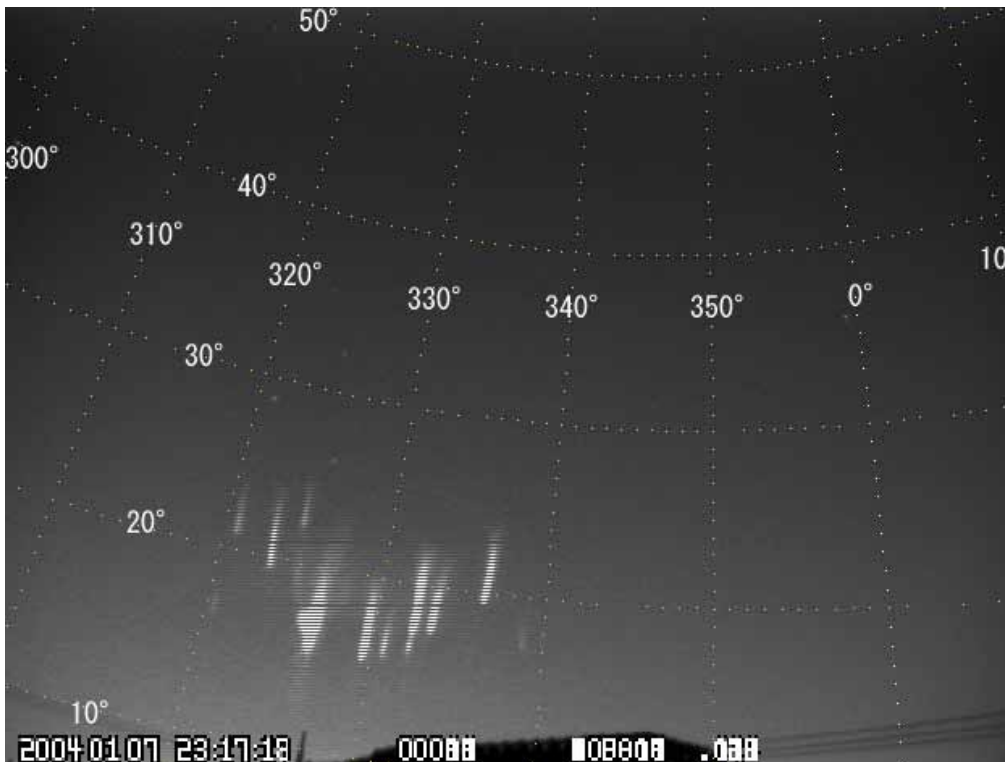


図3 スプライト観測視野例

この時の高度 100km 付近の有効視野を地図上に表示すると以下となる。夜空の観測では、スプライトの発生予想地域や同時観測の可能性などを考慮して、カメラ方向、さらにはカメラの設置場所を決定して欲しい。

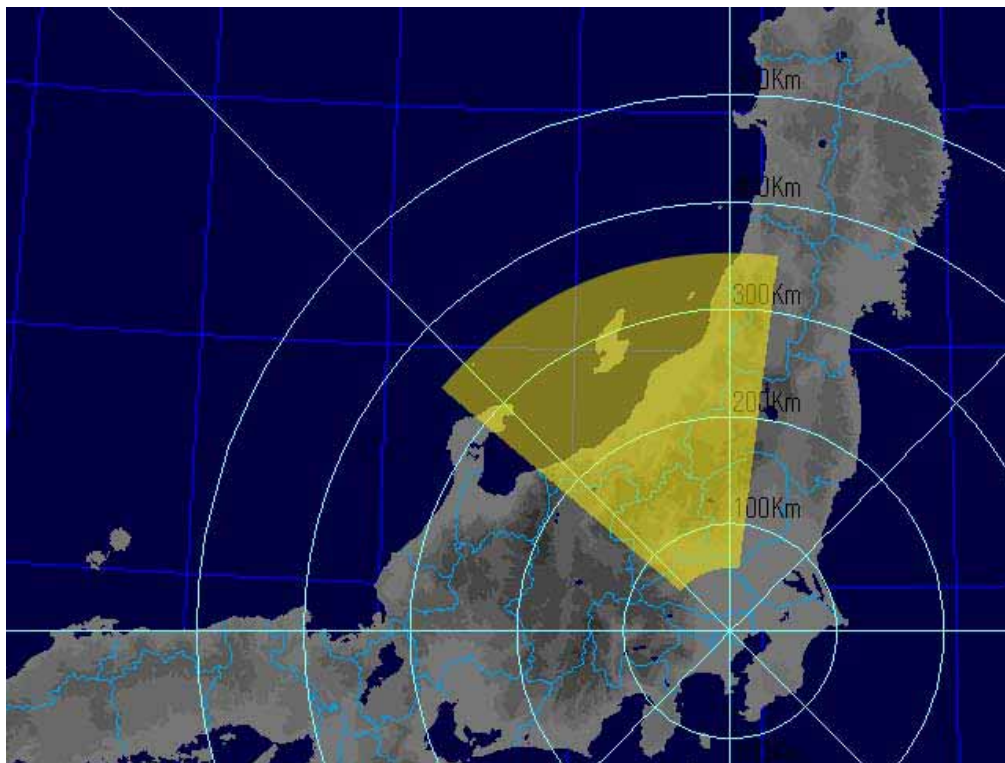


図4 1台のカメラの有効視野例

機材の準備

必須な機材は次のものである。

- カメラ
- レンズ
- 架台
- ケーブル類
- パソコン
- ビデオキャプチャボード
- ピント確認用モニター
- ソフトウェア

次のものは場合によって使用する。

- フード、レインコート、ハウジング
- 24 時間タイマー、レインセンサー

以下、各々について説明する。

・カメラ

夜空の動体監視には 30fps の超高感度ビデオカメラが必須である。現時点では Watec 社の WAT-100N (Neptune 100) が最も適しており、これ以外に推奨できる候補はない。

・レンズ

レンズは CBC 社の F0.8 シリーズで焦点距離 6 mm HG0608AFCS-HSP または 3.8mm HG3808AFCS-HSP が最も適している。暗いレンズ、安価なレンズは推奨できない。尚、レンズとカメラを別々に購入する時には、オートアイリスピンのピン配列等に注意する必要がある。詳しくは応用編を参照されたい。

・架台

屋上やベランダなどではカメラ用三脚の利用が最も簡便である。カメラが軽いので、小型の三脚でも十分だが、風で倒れたり、他の人が触って移動したりしないような工夫は必要である。ベランダの手すり等が利用可能な場合には伸縮物干し竿やクランプ類が良好な架台となることがある。また、窓枠に窓と同じ高さの木材をはめ込み、これに L 字金具等を取り付け、その先に自由雲台を付ける方法も極めて有効である。この方法は木材にケーブルの引き込み穴を開けることができ、設置も撤収も比較的簡単で不慮の事故が発生する可能性が少ない。建物に視界の開けた窓がある場合には是非検討して欲しい。この他、木造家屋であれば屋根の破風板などに金具を取り付ける方法もある。高所に架台を設置する場合には昇降式にするか半恒久的な足場を設置することが望ましい。視野に入らない軒があれば、降水に対する不安が減少し、さらに良い。参考例を以下に示す。



図5 窓枠への設置例



図6 伸縮ポールへの設置例

・電源ケーブル

WAT-100N は 12V の AC アダプタを使用する。屋外用テーブルタップなどで AC100V をカメラ近くまで配線するのが簡便である。ただし、万一雨が降っても電極に水が入らないよう屋外用コンセントの使用など、十分な防水対策が必要である。

・ビデオケーブル

WAT-100N のビデオ出力端子は BNC 端子である。通常 BNC-RCA 変換コネクタを使用して、RCA ピンケーブルでパソコンまで配線する。同軸ケーブルを使用したビデオ信号用ケーブルであれば 20m 程度は問題なく延長することができる。屋内への引き込みは配管があれば利用する。75 のテレビアンテナ用配線材を使用することもでき、窓に挟む薄い同軸ケーブルなども市販されている。最も安価で簡単な方法は穴を開けた木材を窓枠に挟み、窓や雨戸で抑える方法である。この方法だと隙間風を最低限に抑えることができる。FM 電波で映像を送信する機材もあるが、安価なものは不安定なものが多いので有線接続が望ましい。

・パソコン

640 × 480 画素でキャプチャを実行するためには次の条件を満たすパソコンが必要である。

- Windows 2000 または Windows Xp
- Pentium4 2.4GHz 以上の CPU
- 512MB 以上のメモリ
- 40GB 以上のディスクスペース

必要な条件はかなり厳しいが、是非、高性能パソコンを準備したい。ノートパソコンの選択肢は極めて限られるので、通常はデスクトップパソコンを使用する。

・ビデオキャプチャボード

UFOCapture はマイクロソフト社が定めた DirectX DirectShow ビデオキャプチャインタフェースを使用している。このインタフェースに準拠したビデオキャプチャデバイスは殆どが使用できる。一般的には以下の基準で選ぶのが良い。

- アナログビデオ信号の入力端子がある。
- ソフトウェアエンコードの PCI バス用ボードである。
- マイクロソフト社の Windows Movie Maker 2 や Media Encoder で利用可能。

この条件を満たすキャプチャボードが既にある場合にはまず動作テストを試みることを推奨する。以下の機種は実績があり、推奨できる。

- I-O DATA GV-D1VR
- ELSA EX-VISION 300TV
- ELSA EX-VISION 500TV
- ELSA EX-VISION 700TV
- BUFFALO PC-MV3S/PCI

以下の機種は条件付きで利用実績がある。

- 玄人志向 SAA7130-TVPCI (要 NTSC 用ドライバ)
- Canopus QSTV2004 (入力切替不可)
- ノバック PRIME TV7133 (入力切替不可、明度最大値 235)
- BUFFALO PC-SMP2E/PCI (起動時間が増加)
- KEIAN JH-TV1735 (起動時間が増加)

以下の機種は揭示版等で動くことが報告があった。

- ELSA Ex-Vision 1500TV
- ASK VC VISION300 PCI (EV300-PB)
- IODATA GV-ADTV
- CANOPUS MTV-2000/1000(同社の MTV G-Spec というソフトで使用可能になる)
- SKNET の MonsterTV Pocket (PCMCIA カードタイプ)

キャプチャボードの利用可否はドライバの設計に依存しているため、以上と同じメーカーで同時期の製品であれば、動く可能性が高い。尚、以下の機種は動作しないと判明している

- NEC SmartVision Pro シリーズ (他社ソフトでは動作しないよう設計されている)
- Canopus DV Raptor (ドライバの相性問題がある)

・ピント確認用モニター

カメラの方位仰角の調整やピント調整のためにはレンズに手が届く位置でビデオ映像を見る必要がある。カメラとパソコンの距離が離れている場合には小型のテレビかビデオモニターを用意したい。液晶画面付きの携帯型 DV レコーダにアナログ入力して確認する方法もあり、この方法は電源が不要なので便利である。DV レコーダは試験用の映像ソースとしても利用できる。

・ソフトウェア

パソコン上にインストールが不可欠なソフトウェアは以下のものである。

DirectX 9.0b 以降

ビデオ処理をするための Windows 付属の環境。標準でインストールされている場合もある。マイクロソフト社のサイトからダウンロードできる。

Windows Media Player 9 以降

w m v ファイル再生の標準プレーヤー。マイクロソフト社のサイトからダウンロードできる。

ビデオキャプチャボードのドライバ

ビデオキャプチャボードの製品添付のドライバ。まず、製品の説明書に従ってビデオキャプチャボードが正常に動くようにしておく必要がある。

Lha 解凍ソフト

UFOCapture のパッケージを解凍するために必要。Vector ソフトライブラリから各種ダウンロードできる。

UFOCapturePro

30 日間無償試用できる。Vector ソフトライブラリまたは以下の SonotaCo ダウンロードサイトからダウンロードできる。

<http://www65.tok2.com/home2/SonotaCo/Download/download.html>

本格的な観測のためには以下のソフトウェア又はその同等品をインストールする。

UFOCaptureEx

試用期間はない。動作には UFOCapture のライセンスキーが必要である。UFOCaptureEx は動体検出位置確認用静止画や恒星マスク画像出力機能をもっており、精密な観測には欠かせない。SonotaCo ダウンロードサイトからダウンロードできる。ライセンスキーがある場合には UFOCapturePro をダウンロードする必要はない。

UFOAnalyzer

UFOCaptureEx の出力を分析し、恒星位置を基準として視野内のオブジェクトの方位仰角を正確に判定することができる。さらに流星については輻射点方向による群分類やトレイルマップ描画機能などがある。SonotaCo ダウンロードサイトからダウンロードできる。必ず UFOCaptureEx と併用する。

桜時計

宇野 信太郎氏作成の NTP 時刻合わせソフト (フリーソフト)。Vector ソフトライブラリからダウンロードできる。

APlayer

Threefour 氏作成の動画プレーヤー (フリーウェア)。avi および wmv ファイルのコマ送り再生、再生明度の調整などができる。Vector ソフトライブラリからダウンロードできる。

Windows Movie Maker 2 以降

キャプチャした avi ファイルを簡単に wmv ファイルにエンコードできる。ホームページへの掲載の際などに使用する。マイクロソフト社のサイトからダウンロードできる。

・フード

広角レンズは地上光や月によるゴーストが発生しやすく、観測の障害になる。これをできるだけ防ぐために、レンズにあったフードを用意すると良い。長さ数 cm でも効果があるが、円形フードの場合には 6mm レンズで 72mm 径以上、3.8mm レンズの場合には 120mm 径以上必要となる。角型フードであれば遥かに小型にできる。

CBC 6mmF0.8 用としては、40.5mm 52mm のステップアップリングを介して Hama 社の 52mm 径用角型フードを取り付けることを推奨する。

CBC 3.8mmF0.8 用としては、43mm 52mm のステップアップリングを介して Cokin 社のゼラチンフィルター用システムで 100mm 角フード装着することができる。52mm アダプターリング、フィルターフォルダー、20mm 幅モジュラーフードの順で装着する。

・レインコート、ハウジング

雨の可能性が高い日はカメラは撤収するべきである。レンズやカメラが雨に濡れると故障する可能性が高い。しかし、晴れている日でも突然の通り雨がある場合もあり、安心して長時間観測させるためにはある程度の防滴をする必要がある。図 5、図 6 の写真にあるように、厚めのビニールをフードに貼り付けてレンズ本体とカメラへの上部からの雨滴を防ぐだけでも大きな効果がある。ラップフィルムや熱収縮チューブ等で完全に包んでしまう方法もあるが、カメラには若干の発熱があるので日中は撤収が必要で、過熱しないように注意が必要である。雨の可能性のある日にはレンズ面に防滴フィルターを装着すると良い。フィルター類はゴーストの原因になり、ピントへの影響もあるので、通常はできるだけ外す。より完璧を目指すなら、全体を防水ハウジングに入れる。

いずれの場合にも、雨粒や雪は動体として検出されるので、雨や雪の夜には観測できない。特にレンズや防滴ガラスに雨粒が着くと雨粒がレンズとなって光を集め思いもよらぬゴーストが発生する。このゴーストは風で揺れ、連続キャプチャ状態を発生させることがある。ディスクが満杯になるのを防ぐため、雨や雪の日には最低限カメラの電源を切ることが望ましい。また雨の後にはフィルターや防滴ガラスの清掃が必要である。ファンでガラス面に常時風を当て霜や雨滴の影響を軽減する方法もある。その他軒下設置など状況に応じて工夫して欲しい。

・24 時間タイマー、レインセンサー

例えば、ハウジングに入れて北向きに設置するなど、降水対策と日中の日射対策が完璧ならば、カメラを常設することができる。この場合にはカメラの電源を 24 時間タイマーやレインセンサーを併用して日中と雨の場合に切ると良い。レインセンサーは良い市販品は知られていないので自作する必要がある。さらに他日射センサーを導入して、日中は自動的に日よけをかけるようにすれば、北側以外への常設も可能である。

ハードウェアの設置と調整

実際のシステム構築は以下の手順を進めると良い。

- カメラとレンズの動作テスト
- レンズの設定
- カメラの設定
- フォーカス調整
- カメラの設置とケーブルの引き直し
- パソコンの環境設定
- キャプチャボードの導入と試験
- キャプチャテスト

・カメラとレンズの動作テスト

最初に室内で使用するレンズ、カメラ、ケーブルの動作テストをする。テレビか DV レコーダなどの映像モニターを用意する。

1. レンズをカメラに装着する。

CBC の F0.8 レンズにはモノクロ撮影用補正レンズが付属している。WAT-100N で使用する場合にはこれを使用する。レンズは CS マウントなので、アダプタリングなどは使用せず、補正レンズに付属しているスペーサーリングを挟んで装着する。装着時にはレンズ面に指紋を付いたり、埃が内部に入ったりしないように細心の注意が必要である。ブロー等埃を吹き払いながら装着するとカビが発生しにくい。

2. レンズのアイリスケーブルをカメラに接続する。

3. WAT-100N のコントローラーを WAT-100N に装着し、ShutterSpeed off, AGC, Gamma LO, GainControl つまみを中央にセットする。

4. カメラのビデオ出力端子に使用する長いケーブルを接続し、その先に映像モニターを接続する。

5. レンズキャップを外し、カメラの電源を接続する。

これで薄暗い方向にレンズを向けて、モニターに映像が映ることを確認する。何も映らなければカメラ、レンズ、ケーブル、電源、結線のどこかに問題がある。次にレンズのフォーカスを調整し、視野内の対象が一応見えるようにする。そして明るさが違う色々な方向に向けて AGC が順調に働き、明るさが妥当に自動調整されるかを確認する。次にコントローラーの AGC を MANUAL に設定してゲイン調整つまみやシャッタースピードを変更する。この時、ある程度の範囲ではカメラの感度を変えてもレンズの自動絞りが逆に働いて明るさがほぼ一定に保たれるのでこれを確認する。アイリスケーブルに自動絞りの ON/OFF スイッチをつけている場合にはその効果も確認する。オートアイリスが OFF で、MANUAL ゲインならシャッタースピードとゲインつまみによって映像の明るさを自由に調整できる筈である。以上でカメラとレンズのテストは完了である。。問題がある場合には速やかに詳しい人に相談する。

・レンズの設定

CBC F0.8 のビデオアイリス用レンズには普段はキャップで覆われている次の写真のような調整つまみが2つある。必要な場合これらを細いマイナスドライバで調整する。埃の進入を防ぐため、必要のない時はキャップをしておく。



図7 CBC6mmF0.8

ALC: アイリスケーブルから入力される信号の処理方法で A で平均値、P でピーク値に従って絞りを自動調整する。夜空の観測では通常 A 側一杯に設定しておく。

LEVEL: アイリスケーブルから入力される信号に対する感度。H でより明るくなるように絞りが開き、L でより暗くなるように自動調整される。このボリュームの設定により以下のような違いが発生するので目的に応じて設定する。

L: できるだけ絞りを閉じ、ゲインは主にカメラ側の AGC 機能によって調整される。このため、絞りの安定度は良く、日中の CCD 面の保護能力も高い。ただし、日中に撮影する場合には殆どの明るさで絞りが最小値になるため、絞りの開口形状による大きな輝度ムラが発生する。ボリュームを中央付近に設定すると日中の輝度ムラを避けることができるが、L 一杯に設定しても夜間には絞りは全開になるので、夜間の撮影が主目的であれば、絞りの安定度を優先して L 一杯に設定する。

H: H 一杯に設定すると日中に発生する絞り形状による大きな輝度ムラを回避できる。しかし、この設定では、レンズによる光量調整とカメラによるゲイン調整が競合して、薄明かり時に 10 数秒置きに絞りが変化する発振状態に陥ることがある。また、強い光が入っても絞りが閉じないので、太陽が視野に入った場合に CCD 面を損傷することがあるのでこの設定とする場合には十分注意が必要である。

尚、電源オフまたはアイリスケーブル未接続状態では絞りは最小状態になる。この状態では CCD 面は太陽の直射からも保護されるが、器機の過熱の問題があるので、いずれにしてもレンズとカメラを直射日光に晒すことはできるだけ避けるべきである。

・カメラの設定

カメラの設定には2つの考え方がある。

1つ目は、光度観測用に感度をできるだけ固定する方法である。この時、WAT-100Nのコントローラは ShutterSpeed off, Manual, Gamma OFF, GainControl つまみは映像が適当となる明るさに設定する。この方法は観測中感度をほぼ一定に保つことができるので、異なる時刻の映像の絶対的な明度比較をすることができる。しかしながら、夜空の状態は、時刻、天候、月の状態によって大きく変化するため、観測者はそばにいて、随時感度を調整可能な場合でないと実用的ではない。また、レンズのオートアイリスを無効にするために、アイリスケーブルを加工する必要がある。但し、この方法によっても雷光などの強い光が入射すると短時間で感度が微妙に変化する現象が発生することが判明している。これは原因不明だが、WAT-100Nでは必ずしも完璧な固定感度にはならないことがあるので注意が必要である。マニュアルゲイン設定では+42dbまでの電氣的な増幅を指定することができるが、あまり高いゲインを設定すると粒子状のノイズが現れ、結果的に UFOCapture の動体検出感度を下げざるを得なくなるので、注意が必要である。

2つ目は、AGCを使用する方法である。この時、WAT-100Nのコントローラは ShutterSpeed off, AGC, Gamma OFF に設定する。GainControl つまみは無関係の筈だが、中央にセットしておく。AGCを使用することによって、時刻、天候、月などによる明度変化を自動調整して各時点でのほぼ妥当な明るさの画像を得ることができる。UFOCaptureによる観測は長時間安定した観測を行なうことがなにより観測成果に繋がるので、通常はAGCの使用を推奨する。尚、AGCに設定した場合にはカメラ感度は+32dbまでに制限され、極めて暗い場合でも粒子状ノイズが極端に増加することはない。

・フォーカス調整

フォーカス（ピント）調整の時にはカメラの近くにモニターがある必要がある。CBC F0.8 レンズはフォーカスリングを固定するためネジがついているので一度精密にあわせて固定すると設置場所や方向を変えても殆ど再調整する必要はない。事前に精密に調整しておく。フォーカス調整に当たっては、絞りの状態によって最適なフォーカス位置は変化するので注意が必要である。最終的なフォーカス調整は必ず夜間に恒星や惑星を基準に行なう必要があるが、およそのフォーカス調整であれば日中に行なうことができる。この場合には絞りが開放になるように、シャッタースピードを最速に上げ、カメラのゲインを画面がやや暗くなるまで落とす。その上で1km以上遠方の対象で調整する。

・カメラの設置とケーブルの引き回し

機材の準備の項を参考にして、確実かつ安全に設置する。設置後、カメラの方向を調整する。最初はなるべく地上風景が入らない方向に向ける。パソコンの近くにまで映像信号が来て、モニターで確認できれば、カメラ設置は完了である。

・パソコンの環境設定

DirectX、Windows Media Player、Windows Movie Maker などの標準的なソフトウェアはキャプチャボードの装着前に最新版をインストールして動作を確認しておく。

これらは既にインストールされている場合もある。DirectX がインストールされている場合にはシステムディレクトリ（Windows Xp では通常 C:\Windows\System32）に dxdiag.exe という実行プログラムがある。これを起動するとインストールされている DirectX のバージョンが判る。システムタブの一番下に表示されるバージョンが DirectX 9.0b 以降であることを確認する。

尚、本格的な観測では時刻精度が極めて重要である。貴重な映像がキャプチャできた場合、世界各地の電波観測結果等と msec 単位で比較することとなる。NTP ソフトなどを常駐させ、10分以下の間隔で更新し、できれば 1/60 秒以下の誤差に抑えておくことが望まれる。

・キャプチャボードの導入と試験

キャプチャボードの説明書に従って、ボードを装着し、動作テストをする。テレビアンテナは配線しなくても良いが、その場合には DV レコーダ等のビデオ信号ソースを用意する。もちろん、設置したカメラの信号で試験するのが最も確実で、UFOCapture の導入以前に通常のビデオ録画が正常に行なえることを確認しておく。

・キャプチャテスト

トラブル防止のため、最初は Windows Movie Maker などの汎用ソフトでテストを行なうのが良い。Windows Movie Maker の場合にはビデオデバイスからの取り込みを選択すると、ビデオキャプチャデバイスに装着したキャプチャボードが表示され、それを選んで録画できる筈である。

Windows Movie Maker でカメラの映像が録画できなければ UFOCapture で録画できる可能性はない。この場合にはキャプチャボードとそのドライバに問題がある。キャプチャできれば、ハードウェアの設置と調整は終了である。

UFOCapture の導入と設定

・インストール

ダウンロードした UFOCapute と UFOAnalyzer の lzh パッケージは Lha 解凍ソフトで解凍し、適当なディレクトリに配置する。

例

C:¥に SonotaCo というディレクトリを作り、そこに UFOEXxxx.lzh と UFOAxxx.lzh の解凍結果を置いた例

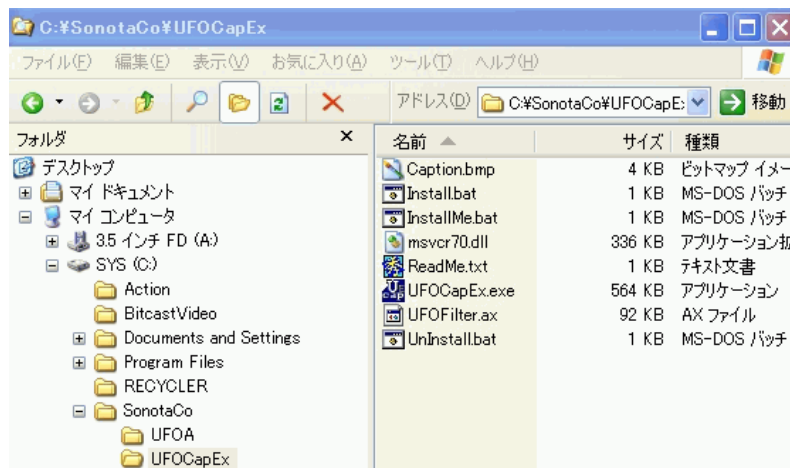


図 8 起動ディレクトリ

ディレクトリへの配置が終わったら、必要なファイルのシステムへの登録作業をする。

UFOCapEx (Pro 版の時は UFOCapture) ディレクトリ内の Install.bat を起動する。

起動はエクスプローラーでクリックするか、スタートメニューのファイル名を指定して実行で C:¥SonotaCo¥UFOCapEx¥Install.bat を指定する。実行すると次のような表示が出る。

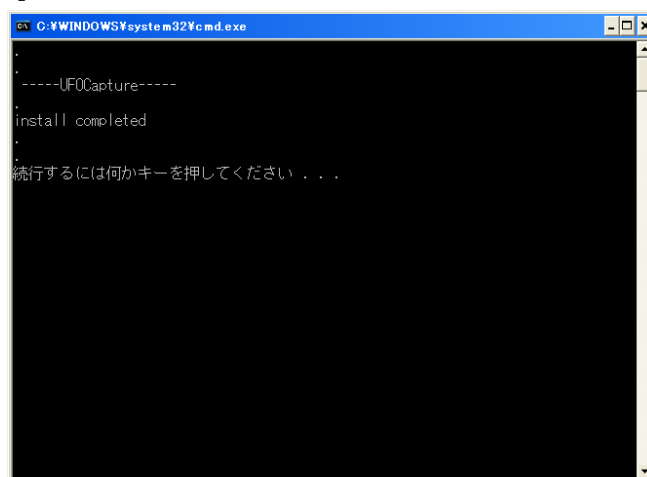


図 9 Install.bat 実行画面

このウィンドウに install completed とあればシステムへの登録は完了しており、UFOCaptureEx のインストールは完了である。このウィンドウは×ボタンで閉じる。

同様に UFOA ディレクトリ内の regsvr.bat を起動する。次のようなメッセージボックスが出れば UFOAnalyzer のインストールは完了である。尚、このファイルの登録処理は何度やっても害はなく、配置したディレクトリを変更した場合には再度実行する必要がある。

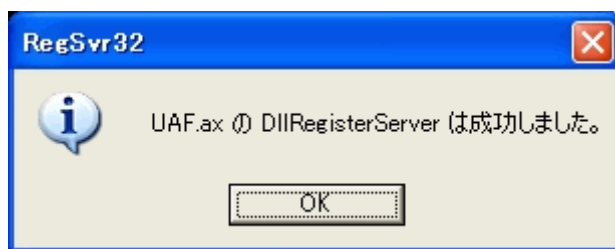


図 1 0 regsvr.bat 実行画面

必須ではないが、エクスプローラで UFOCapEx.exe と UFOA.exe を右クリックしてショートカットを作成しておく。同じディレクトリにショートカットが作成されるので、これをドラッグしてデスクトップ上に移動しておくことで以後の起動に便利である。

尚、アンインストールする場合には作成したディレクトリごと削除する。

・レジストレーション

UFOCaptureEx では初回起動時(Pro 版では試用期限切れ時)にレジストレーションが必要である。まず、以下のメッセージボックスが表示される。



図 1 1 期限切れダイアログ

OK をクリックすると次のダイアログが表示される。

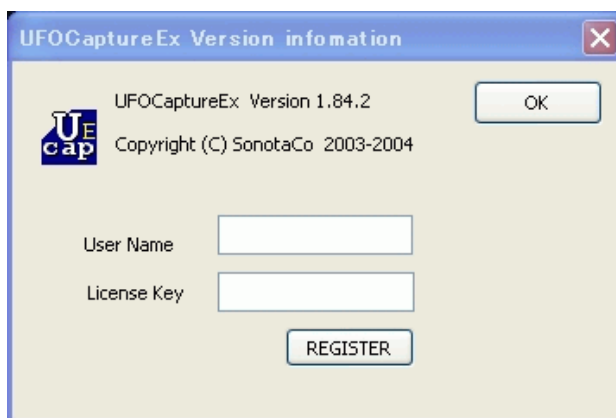


図 1 2 バージョンダイアログ

ここで、ユーザ名とライセンスキーを入力して REGISTER ボタンを押す。

ユーザ名はライセンスキーと共に指定されている場合を除き、何を入力してもよい。

なお、このレジストレーション用のバージョンダイアログは UFOCapture のウィンドウの左最上部のアイコンを右クリックして Version Info を選択することによりいつでも表示することができる。次のメッセージが出れば登録完了で、OK ボタンを押すと、UFOCaptureEx が起動される。

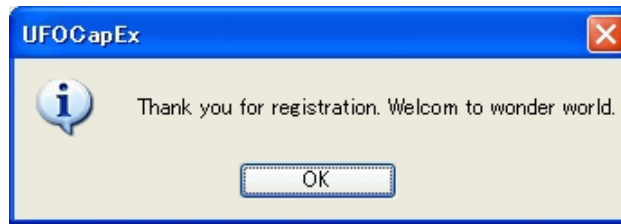


図 1 3 レジストレーション完了メッセージ

・キャプチャディレクトリの準備

UFOCapture の設定に入る前にキャプチャディレクトリを作成しておく。キャプチャ先は常に 20 GB 以上の空きがある内蔵ディスクである必要がある。できれば 40GB ~ 100GB 確保したい。書き込みが低速な外付けディスク等は使用を避ける。キャプチャ先ドライブに次の 2 つのディレクトリを作成しておく。(キャプチャ先ドライブが D:の場合の例)

D:\Capture	日々のキャプチャ結果が日付別に格納される。
D:\Reports	日々のレポートが格納される。

・ UFOCaptureEx の設定

以下に UFOCaptureEx の設定を示す。(UFOCapturePro は Option Ex ダイアログ以外は同一)

まず UFOCaptureEx を起動して、ビデオ画像が入力できるかどうかテストする。

通常、起動時に Video 欄に以下のように使用しているキャプチャボードのドライバ名が表示されている。



図 1 4 デフォルト画面

Video 欄に何も表示されていない場合には、キャプチャボードが使用できない状態にある。またシステムに複数のキャプチャデバイスが装着されている場合には目的のデバイス以外のデバイス名が表示されていることがある。その場合には欄右のドロップダウンボタンを押し、表示されるリストの中から所望のデバイスを選択する。

Video 欄が正しく設定されている場合には、映像入力テストをする。Detect 枠内の Area 1 ~ 4 を全てオフになるようにクリックする。この状態で RUN ボタンを押すことによって動体監視せずに、入力映像をプレビューすることができる。

ビデオキャプチャボードにカメラを接続し、映像信号が来ている状態で、RUN ボタンを押して画面に映像が表示されることを確認する。画面にテレビ放送やノイズ画面が表示されている場合には、Input 枠内の V0,V1,V2 を切り替える。どれかでカメラ映像が画面に表示される。カメラ画像が確認できれば UFOCapture への映像入力テストは終了であり、次に動体監視設定を行なう。

UFOCaptureEx V1.84 以降では、流星とスプライトは全く同じ設定でキャプチャすることができる。以下はその最も標準的な設定である。後の分析にも関係するので、最初は以下と同一に設定する (Video 欄と Input 欄は前記入力テストで決めた値とする)

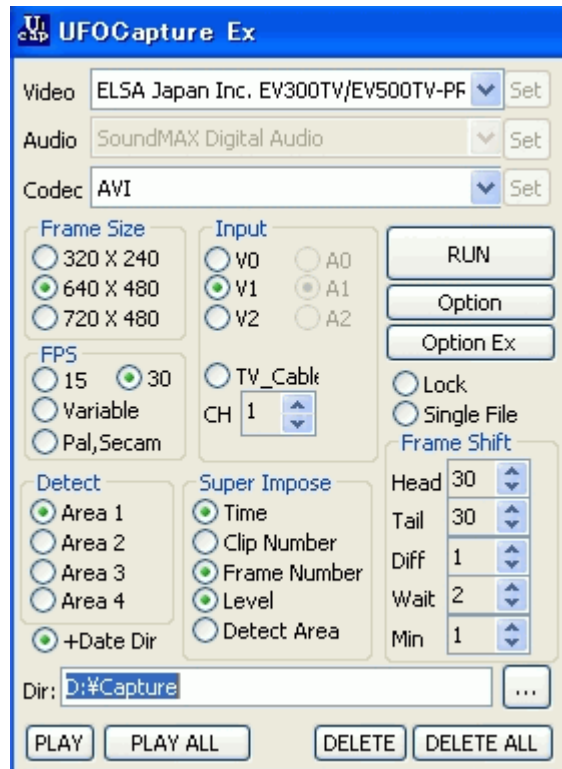


図 1 5 動体監視設定 1

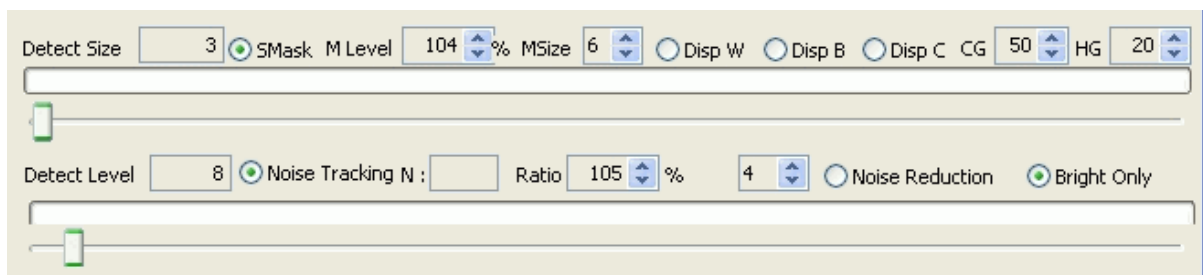


図 1 6 動体監視設定 2

画面右のプレビュー領域で左上一杯の位置から右下一杯の位置までマウスでドラッグし、トラッカ表示がプレビュー領域全体となるように Area1 を設定する。

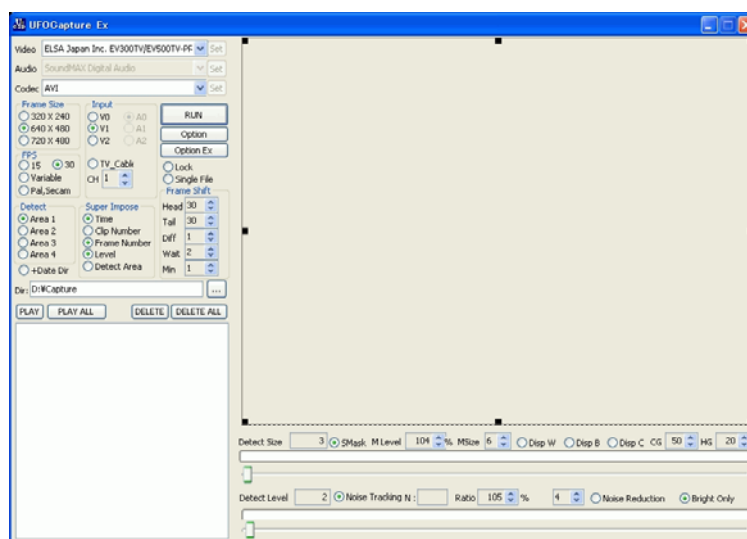


図 1 7 監視領域設定

Option ボタンを押し、Option ダイアログを表示させ、これを以下のように設定する。

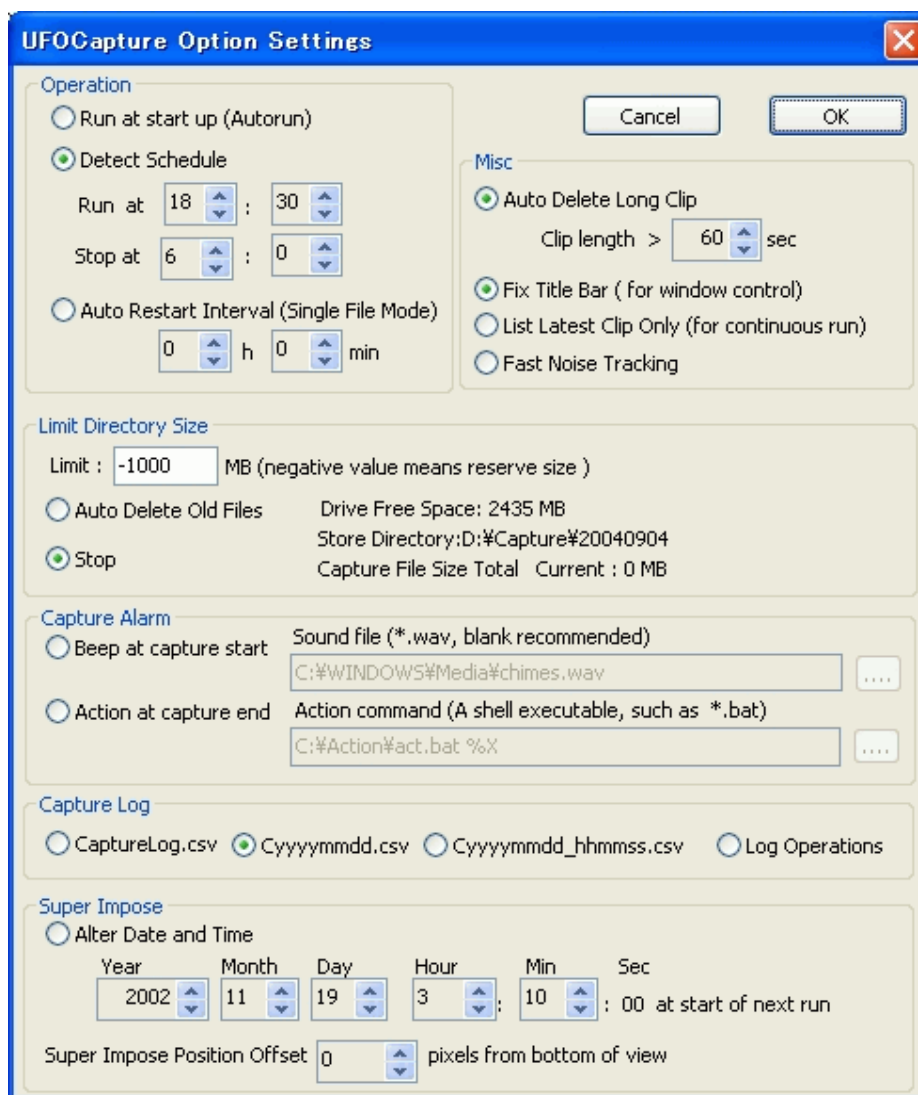


図 1 8 Option ダイアログ

OK ボタンを押し、メインウィンドウに戻り、OptionEx ボタンを押し、以下の設定をする。

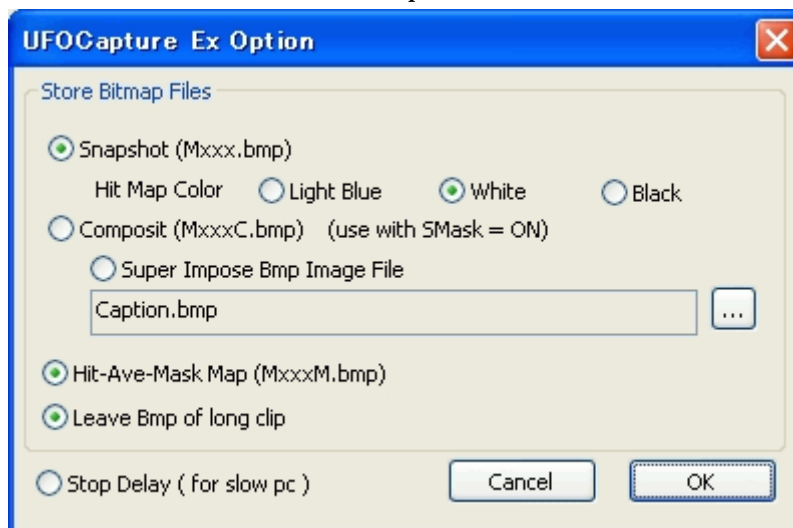


図 1 9 Option Ex ダイアログ

テスト観測

設定が完了したら、RUN ボタンを押してテスト観測をする。

RUN ボタンを押すと入力映像が表示され、数秒後に Detect Level のバーが動き始める。

その状態でレンズの前で何か動かすと、プレビュー画面下部に マークとキャプチャフレーム数が表示され、キャプチャが開始され、動きがなくなると、キャプチャが終了し、左下のリスト部に次のようにキャプチャされたクリップが表示される。一旦 Stop して結果を確認する。

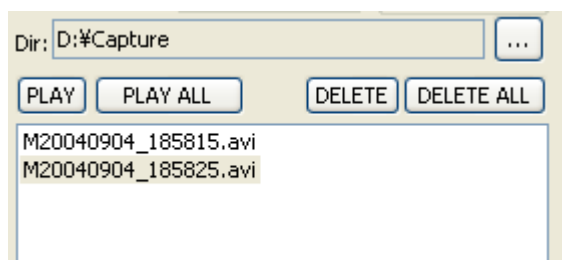


図 2 0 クリップリスト

前記設定例では + DateDir を指定しているのので、この状態でキャプチャディレクトリには以下のように日付ディレクトリが自動的に作成されている。

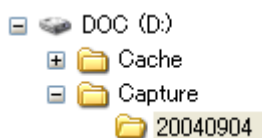


図 2 1 日付ディレクトリ

日付ディレクトリ内部には例えば次のようにログファイル、動画、静止画が格納されている。

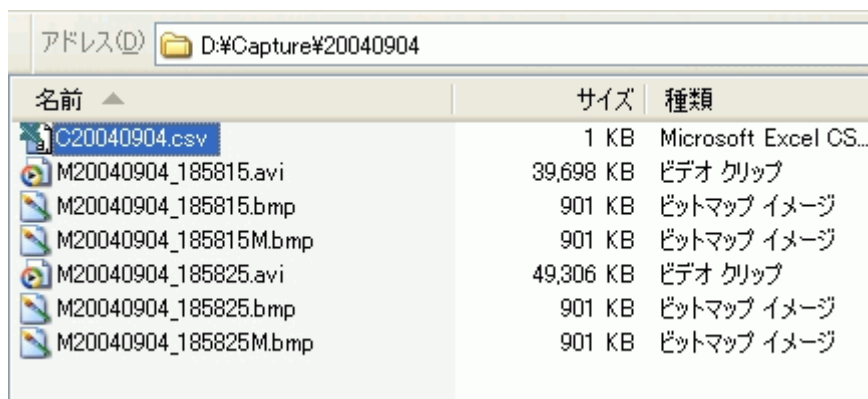


図 2 2 キャプチャ結果

キャプチャされたファイルを表示、再生して結果を確認する。動作開始の 1 秒前から終了 1 秒後までの動画と動いた部分が白く表示されているスナップショット静止画 xxx.bmp、マスク画像静止画 xxxM.bmp が格納されている。スナップショットは何か検出されたかを速やかに知るためのものであり、マスク画像は分析で恒星位置を求めるためなどに使用されるものである。

以上が正常に格納されているなら、設定に間違いはない。日中でもしばらく RUN 状態で放置し屋外を動体監視してみること、何も無さそうな空でも通常 1 時間も放置すれば何かがキャプチャできる筈である。

本観測

雨の心配の無い夜であれば、雲があっても観測する価値がある。観測時間は Option ダイアログの Detect Schedule で開始時刻と終了時刻を設定する。AGC を使用していれば、薄明かりの中の流星をキャプチャすることもできるので、日没と日の出の時刻より 30 分程度は広く設定してもよい。設定を確認して、起動したら、翌朝まで放置することができる。

過去の観測では秋～冬では快晴夜には一晩で 30 個程度の流星が連日キャプチャできる。流星群の極大日には一晩で 500 個を超えることもある。ディスクの空き容量には常に注意が必要である。これに対して春から夏は特定の極大日を除くと流星数は一晩で 10 個程度に減り、昆虫や鳥が非常に多くなる。

夜空の観測では色々なことが発生する。以下に代表的な事象と対処方法を示す。

- ・昆虫や鳥、コウモリなどが沢山キャプチャされてしまう。

昆虫や鳥が少ない場所と方向を選ぶ以外に抜本的な対策はない。カメラの視野仰角を上げたり、設置位置をより高い所に移すと減ることがあり、周辺から上空に漏れる地上光を減らすことも効果がある。逆に飛行動物を捉えたい場合には Bright Only モードをオフに設定する。

- ・飛行機が沢山キャプチャされてしまう。

カメラの視野仰角を上げたり、定期飛行経路から外れた空域を狙う以外に対策はない。飛行機のフラッシュライトの点滅がそれぞれ別のクリップに分かれてしまう場合には Head と Tail パラメータを伸ばすことにより長い 1 つのクリップとすることができ、Option の Auto Delete Long Clip に 15 秒程度を指定すると巨大な動画ファイルを自動的に削除することができる。

- ・1 フレームのみのノイズが多数キャプチャされる。

Min を 0 に設定している場合に発生する。Min を 2 以上に設定すれば 1 フレームのみの現象は検出されなくなる。Min を 1 に設定した場合には Detect Size の 10 倍以上の大きな 1 フレーム現象のみキャプチャできる。スプライト観測では Detect Size を 3 程度に設定して Min を 1 にする設定が有効である。

- ・雷光が頻発して、連続キャプチャ状態になってしまう。

Head と Tail を 15 程度と短く設定することにより切れ目に遭遇する確率を高めることができる。このような状況の時には Auto Delete Long Clip の設定時間を伸ばさないと全てのクリップが自動消去される可能性がある。雷光を避けるにはカメラの仰角を上げ、下部の雷光がなるべく視野に入らないようにすると効果がある。

- ・人工衛星の軌跡が一部しかキャプチャできない。

ゆっくりした輝点の動きにはシンチレーションマスクが追隨して検出対象から外してしまうこと

がある。そのようなゆっくりとした動きもキャプチャするには Head と Tail を伸ばして前後を出来るだけ長時間保存する設定にする。シンチレーションマスクをオフに設定することは恒星の瞬きを全てキャプチャすることになるので、推奨できない。

- ・地上の建物の点滅灯が視野に入ってしまう。

夜間観測であれば、建物の点滅灯は殆どの場合、シンチレーションマスク機能によりマスクされ自動的に検出対象から外されるので心配は不要である。もしキャプチャされる場合には Mlevel を下げ、Msize を上げる。ある時点のマスク領域は Disp W または Disp B をオンに設定すると画面に重畳してみることができる。Mlevel を下げ過ぎると CCD の感度ムラが全て検出されることになり、恒星位置がわからなくなるので、必要以上にマスクを下げるのは避ける。

- ・樹木が風に揺れて検出されてしまう。

監視領域 Area 1 ~ 4 を使って監視領域を揺れる対象を含まない範囲に限定する。領域境界には処理の都合上不感領域が 2 画素ずつできるので、なるべくシンプルに領域設定する。

- ・雲が沢山キャプチャされてしまう。

雲、特に月明かりがある日や風の強い日の雲には多数の雲がキャプチャされることがある。Detect Level (Ratio) と Detect Size を高めに設定することによりある程度は減らすことができる。これは動体検出感度を下げることになるが、致し方ない。

- ・観測方向を監視中に変更したい。

後の分析の関係があるため、観測方向を変える場合にはキャプチャディレクトリを変更することが望ましい。ディレクトリ内のクリップの観測方向が一定であれば、一度に連続して分析することができる。

- ・暗い流星はキャプチャしたくない。

Detect Level の Ratio を 120% ~ 200% 程度に上げる。Detect Size を 4 以上に上げるのも有効。

- ・より暗い流星までキャプチャしたい。

Detect Level の Ratio およびその次の設定項目である Delta を連続キャプチャにならない範囲で低く設定する。通常 Ratio は 104%、Delta は 3 程度が下限でこれより低く設定すると不規則ノイズにより連続キャプチャになることが多い。

- ・画面下部にスプライトが発生することが多く、スーパーインポーズと重なってしまう。

Option ダイアログの一番下の Super Impose Pos Offset を 2 2 4 程度に設定するとスーパーインポーズを以後のクリップから画面上部に移動することができる。

後処理

監視終了後、まずクリップをざっと見て、昆虫や飛行機などの不要クリップを削除するのが良い。エクスプローラ等で1つずつ確認していても良いが、UFOAnalyzer を使うと少ない操作で連続的に処理できる。以下、その方法を説明する。UFOAnalyzer は多機能なソフトで、一般には不要な機能を多数含んでいるので、必要な所だけ使い方を覚えれば十分である。

UFOAnalyzer を起動し、Main タブの In Dir の右のボタンを押し In Dir にクリップのあるディレクトリを指定する。以下のようにリストにはキャプチャされた全クリップのリストが表示され、右側には先頭のクリップのスナップショット静止画が表示される。

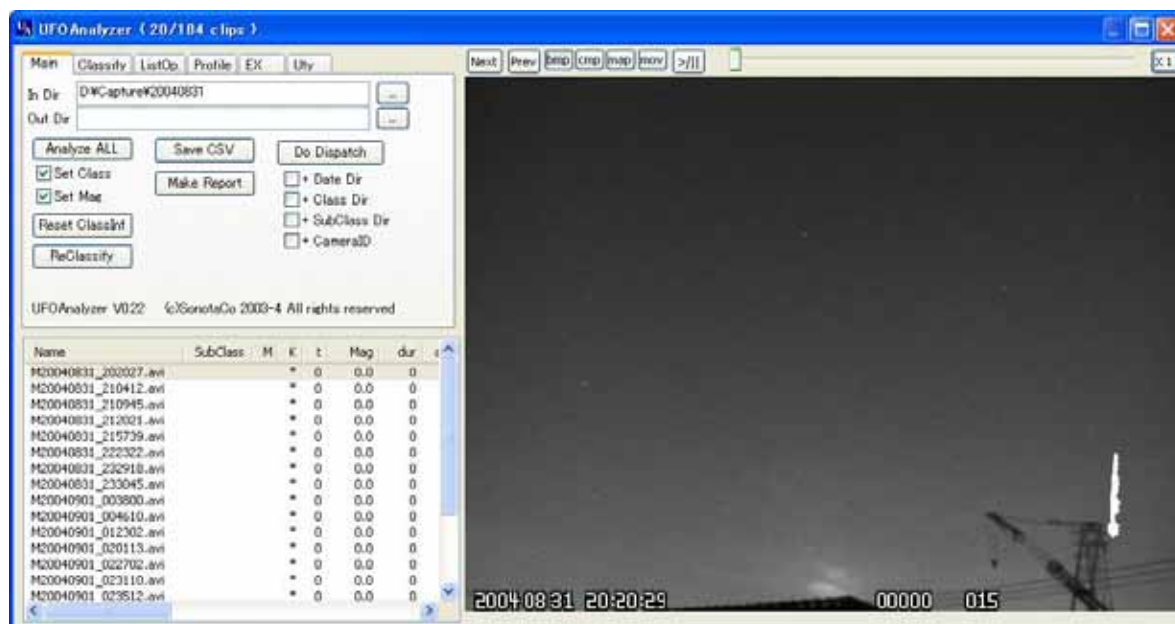


図 2 3 In Dir 読み込み後の UFOAnalyzer 画面

この状態でリスト内のクリップ名をクリックするとそのクリップのスナップショットが表示され、画像面をクリックすると動画が再生・停止される。動画の再生の後に再度スナップショット静止画を表示するには上部の bmp ボタンをクリックする。Next ボタンを押せば次のクリップに移動する。不要クリップの削除は、以下の UTY タブで行なう。

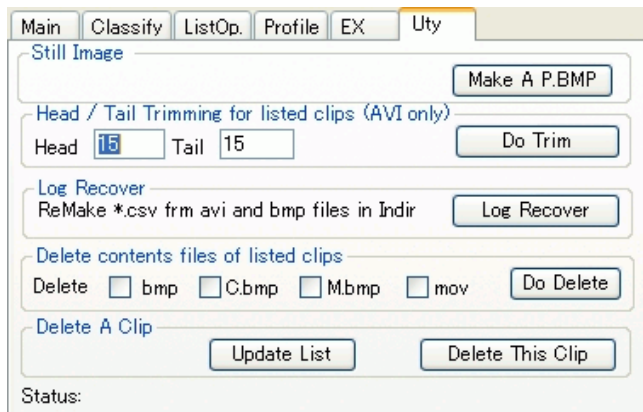


図 2 4 UTY タブ

クリップの静止画、必要なら動画を確認し、不要だと判断した場合には UTY タブの Delete This Clip ボタンを押す。押すと直ちにそのクリップおよびその関連ファイルは削除される。削除は即時に行なわれて復活の方法はないので、注意して操作する。

クリップが分析の価値があると判断した場合には 上部の Next ボタンを押して次のクリップに移動する。この操作を繰り返して、不要クリップを全て削除する。

暗い流星などはスナップショット静止画では白く明瞭に見えるのに動画では殆ど見えない場合もある。上部のスライダーバーでコマ毎に見て、スーパーインボーズの検出マークがあるフレームを注意して見る。ウィンドウサイズを大きくするのも効果がある。慣れてくれば、流星、昆虫、飛行機、スプライトなどはスナップショット静止画で一目で区別がつくようになる。

どこが変化点なのか見ても判らないときには、クリップを残しそのまま分析してみる。分析によって、検出点の位置がより明確に表示されるため、判断しやすくなることがある。

尚、UFOAnalyzer でクリップを表示させるためには UFOCapture のログファイルが必要である。前述の設定ではキャプチャ中に自動的に作成される。ログファイルはカンマ区切り csv 形式のテキストファイルであるが、不用意に変更すると機能しなくなることがあるので注意する。

UFOAnalyzer による分析

UFOAnalyzer による分析とは、キャプチャされた静止画内の恒星位置をもとに、カメラの方位、仰角、視野回転を正確に求め、これをもとに動画内の動体の位置と移動方向を判定するとともに、継続時間、移動速度、移動の直線性などから動体の分類や、流星の輻射点方向による群分類をすることである。

分析のためには、視野の大きさ、レンズ収差、CCD の取り付け位置誤差、キャプチャボードによる縦横比誤差などを正確に求める必要がある。この作業はキャプチャされた静止画と UFOAnalyzer が内蔵している星図と一致させる作業で、Profile タブで行なう。Profile 設定は一度正確に定めれば、システムを変更しない限り、以降はカメラ方向を変えても方位、仰角、視野回転のみを定めればよい。

正確な Profile 設定のためには、よく晴れて恒星が沢山映っているクリップが必要である。恒星が画面で確認できなくても、マスク画像で全面に数 10 個のマスクが記録されていれば処理できる。精度を上げるためには本番とは方向が異なってもできるだけ恒星が沢山映る方向でキャプチャしておく。

Main タブで分析するディレクトリを指定したら、以下の Profile タブを開く。

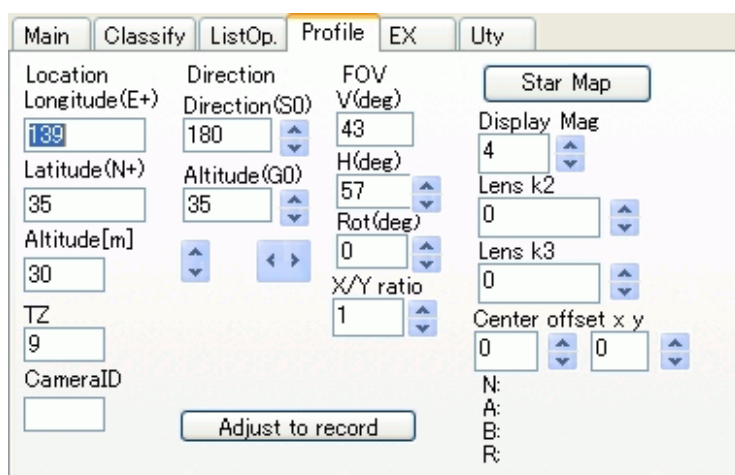


図 2 5 Profile タブ

まず、以下の観測地に関する情報を実際の観測地に合わせてできるだけ正しく設定する。

これらは観測地を変更しない限り以後変更の必要はない。

尚、各クリップの観測時刻はログファイルから自動的に読み込まれる。

Location Longitude : 経度 (度 東経が正) 例 139.123

Latitude : 緯度 (度 北緯が正) 例 35.123

Altitude : 標高 (m) 例 30

TZ : タイムゾーン (時) 日本なら 9

CameraID : 複数のカメラを区別するための符号。共同観測などで指定されている場合を除き、無指定にするか アンダースコアで始まる "_a1" などの 3 文字以下の符号を指定する。これはレポート名などに使用される。

次に、その日のカメラの視野中心のおよその方位、仰角を Direction の Direction (S0) と Altitude (G0) に設定しておく。Rot : カメラの視野回転 (傾斜角度) は分かれば入力しておくが、分からなければ 0 としておく。単位は全て度で、Direction(S0)は南原点、西周りの角度で指定する。この方位仰角は、星図などを参考にして誤差 10 度以下で入力しておきたい。あまり的外れな数値から始めると画像と恒星との対応をとるのが困難になる。

次にカメラとレンズで決まる視野の大きさとレンズ収差を下表に従って仮に入力しておく。これは過去の経験から得られた数値であるが、機材の個体差が考えられるので、初期値として使用する。この表にない組み合わせの場合、視野サイズはカタログ値、収差は 0 を初期値とする。

カメラ	レンズ	FOV V	FOV H	Lens K2	Lens K3
WAT-100N	CBC 6mmF0.8	41.775	55.7	-0.022	0.064
WAT-100N	CBC 3.8mmF0.8	66.037	88.05	-0.132	0.138
WAT-100N	CBC 2.6mmF1.0	90.783	121.65	-0.052	0.147
WAT-231S	CBC 6mmF0.8	29.315	42.8	-0.022	0.05
TGV-M	CBC 6mmF0.8	41.231	56.35	-0.09	0.108

表 1 視野と収差の初期値

X/Y ratio はキャプチャ後の画素の縦横比でキャプチャボードによって 1.05 とか 0.94 など僅かに 1.00 からずれる場合と 0.2 程度ずれる場合がある。まずは 1 に設定しておく。

Center offset は CCD の取り付け位置の光軸中心からのずれ画素数である。これも最初は X,Y ともに 0 にしておく。

以上の初期値を設定したら、Star Map ボタンを押す。クリップのキャプチャ時刻に指定地点から指定方向に見えるべき恒星が Map 画像上に黄色の点で示される。Display Mag を調整すると表示する恒星を減らしたり増やしたりすることができる。例えば、Display Mag を 2 に設定すれば、2 等星より明るい恒星のみが表示される。まず、これで画面内にある明るい星との対応関係を把握する (惑星や月は表示されない)。

次の図は東京から北の中空をキャプチャしたときの StarMap 画面である。青はキャプチャ時に使用されたシンチレーションマスクで、恒星の位置に対応している。恒星以外にも地上風景やゴースト、雲などの明度変化の大きい所もマスクされている。画面左下部に北斗七星、画面右中央に北極星がマスクされている。その近くには対応する星図上の恒星位置が黄色の点で表示されている。Profile 設定の目的は、この黄色の恒星位置を Profile タブのパラメータを調整しつつ、青丸に一致させることである。全面で綺麗に一致させることができれば、方位、仰角のみならず、レンズ収差や CCD 取り付け位置誤差などをすべて補正したことになる。



図 2 6 調整前の Star Map 画面

この調整作業は互いのパラメータが関連しあうため、堂々巡りに陥りやすい。慣れれば、青と黄色のずれの傾向からどのパラメータを修正すればよいか判断できるようになるが、まずは、以下の手順で、数画素以下の誤差になるまで調整する。前記表中のカメラとレンズの組み合わせで、表中の初期値を設定した場合には手順 2~4 は省略してもよい。

1. 中心付近の星の位置を Direction と Altitude と Rot でだいたい合わせる。Mag を殆どの青の近くに黄色の点が出るようにする。
2. 中央左右端に近い星の位置を FOV H で合わせる
3. 四隅で黄色が青の内側にくるようなら、収差は外に伸びるものなので、k3 を増やし、FOV H を下げて四隅の中心からの距離を合わせる。
4. 内側の星が合うように k2 を設定する (k3 が正なら殆どの場合 k2 は負)
5. 1~4 を繰り返し、できるだけ合わせる。
6. 中央が合っていて、k3 が正で右半面の黄色の点が内側、左半面が外側にきている時は CenterOffsetX を負にする。逆なら正にする。
7. 中央が合っていて、k2 が正で上反面の黄色の点が内側、下半面が外側にきている時は CenterOffsetY を負にする。逆なら正にする。
8. 上下は合っているが、左右が内側にきている時は X/Yratio を 1.00 より大きくする。逆なら 1.00 未満にする。
9. 1~9 を繰り返し、できるだけ合わせる。

-
- Direction 欄の下方にある左右ボタンと上下ボタンは Direction, Altitude, FOV ROT の 3 つのパラメータを同時に変更して希望方向に恒星位置を移動するものである。天頂付近など、2 つ以上のパラメータを同時に変更する必要がある時に便利である。
 - 未知のレンズの場合、最初から $k_2, k_3, x, y, X/Yratio$ を指定すると混乱しやすい。およその位置を合わせて、差の傾向を見極めながら、順次進めるとよい。
 - 1 つのパラメータを一度に大きく動かすと混乱に陥りやすい。1 つのパラメータを少し動かしたら、それによって影響を受けるパラメータを微調整して常に全体的に一致した状態を保つのがコツである。また、画面全体で青と黄色の関係がなるべく均一の方向に均一の距離になるように進めると解かりやすい。

この profile 設定作業が分析の主要作業である。時間をかけても精度良く調整する価値がある。

以下に各パラメータの意味と変更した場合の影響を記載しておく。

Direction: カメラが向いていたと仮定する光軸中心の方位。カメラの方位を増加させると視野内の恒星位置は天頂を中心として左周り（南から東、北から西に回る方向）に回転する。

Altitude: カメラが向いていたと仮定する光軸中心の仰角。カメラの仰角を増加させると、視野内の恒星位置は天頂方向から地平方向に移動する。

FOV V/H: カメラの垂直/水平画角度。画角を増加させると恒星位置は中心に寄り、より広い範囲の恒星が視野に入る。

FOV ROT: 視野の底辺の水平に対する時計周りの角度。増加させると光軸中心を中心として反時計周りに恒星位置が移動する。

FOV X/Y: 画素の縦に対する横の比率。増加させると恒星位置は横に伸びる。縦位置は変化しない。

Lens k_2, k_3 : 恒星表示位置を、収差中心からの距離 r (水平端で 1.0) とし、 $R = k_3 * r * r + k_2 * r * r + (1 - k_3 - k_2) r$ とすることにより補正するもの。 k_2, k_3 を変化させても中央水平端の恒星位置は変化しない。通常 k_3 を正の値にし、水平端より遠距離にある最周辺部の恒星位置を外に補正する。この際、内側の恒星位置がずれるのを k_2 により補正する。

Center offset x, y : 光軸中心の視野中心に対するずれ画素数。収差を補正している場合にその効果の現れ方に影響する。例えば、実際の光軸中心が画面中心から左にずれ、 $k_3 > 0$ の場合、右側最縁部のマスク位置(青)が理論値である恒星位置(黄)の外側にずれる。この場合には、Center offset x を負、例えば -10 と指定した後、全パラメータを最調整し再度収差の出方を確認する。

Profile の設定がほぼ終わった画面の例を示す。殆どのマスク位置に恒星が対応している。



図 2 7 Profile 調整後の Star Map 画面

空の状態が良く、多くの恒星がマスクされている場合には、次の図のように四隅まで多くの恒星位置を参考にすることができ、精度が向上する。

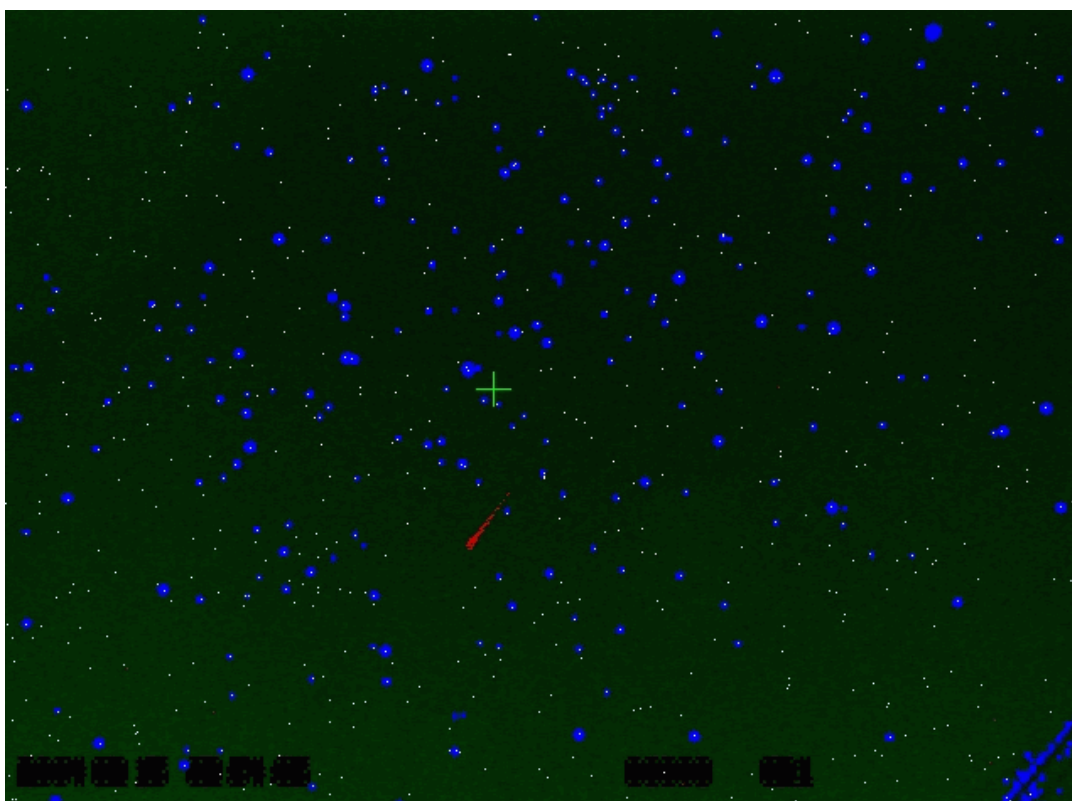


図 2 8 恒星が多い場合の Star Map 画面

Profile 設定が終了したら、Main タブに戻り、Analyze All ボタンを押すと分析が開始する。画面上に次々とクリップの分析結果が表示され、すべてが終了するとリストに分析結果が表示される。分析終了後は静止画上に移動物体の進入方向が赤線で表示されるようになる。明るい赤が進入方向で、暗い赤は進行方向である。

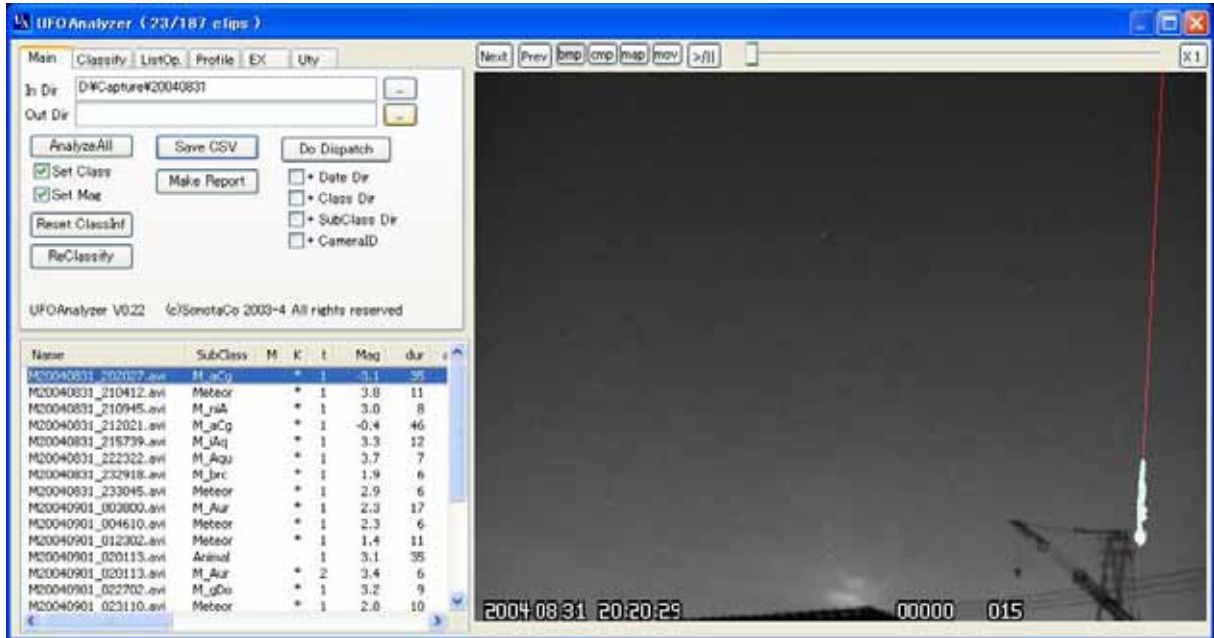


図 2 9 分析終了後の UFOAnalyzer

この段階で不要なクリップの整理や個別の再分析をすることもできる。最初はそのまま Save CSV ボタンを押して、分析結果を格納し、次にレポートを作成へ進む。レポート作成の前にレポートの出力先を OutDir に指定しておく。この例では D:\Report を指定する。そして、Make Report ボタンを押すと指定したディレクトリに Cyyymmdd_xx.html というファイル名で次のような html ファイルが生成される。



図 3 0 レポートの概要

UFOAnalyzer では Profile の設定が終了していれば、Ex タブで静止画や動画内に任意の方位仰角を正確に知ることができる。Ex タブを開き、静止画または動画のコマ上でマウスカーソルを移動すると Ex タブの下部にマウスカーソルがある位置の方位仰角が表示される。

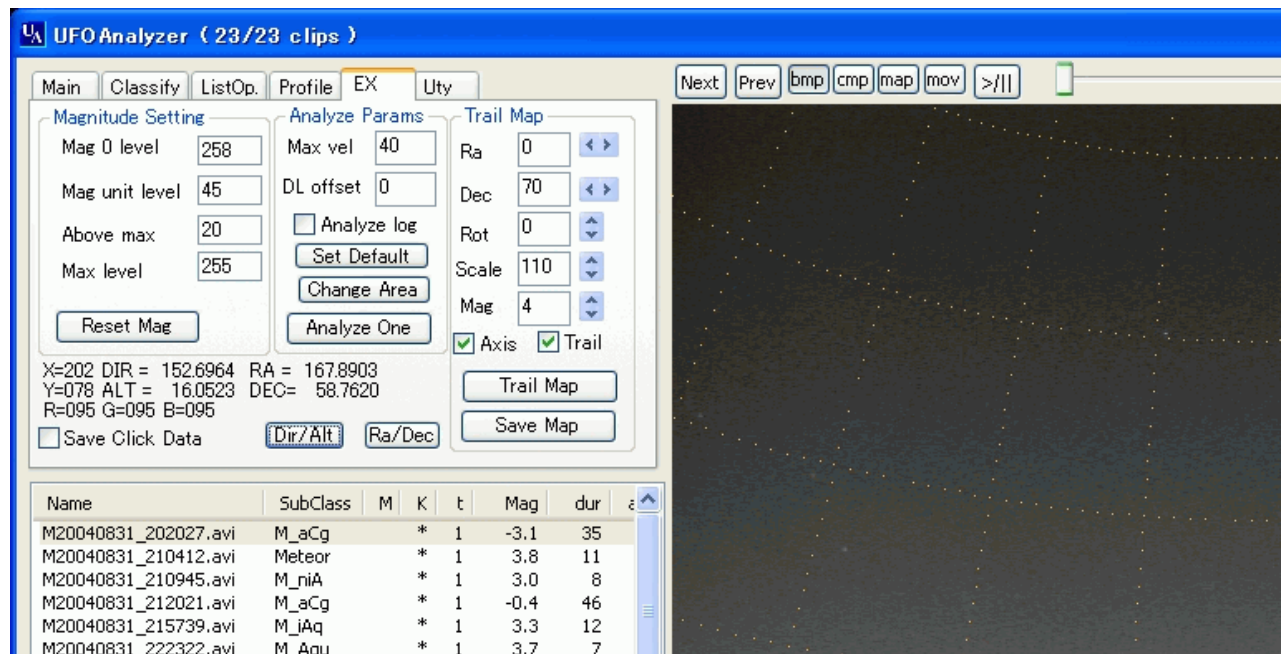


図 3 1 Ex タブでのマウス位置座標表示

また、Save Click Data チェックボックスを ON にして画面上をクリックするとクリック位置に + マークが表示され、その位置の情報が Out Dir で指定したディレクトリに Cyyyyymmdd.txt というファイルにテキスト出力される。

さらに、Dir/Alt ボタンを押すと画像上に方位仰角線を表示することができる。同様に Dec/Ra ボタンを押すと以下のように赤経赤緯線を表示させることができる。この線を画像として保存する機能はない。必要な場合、スクリーンキャプチャソフトなどを併用して保存する。

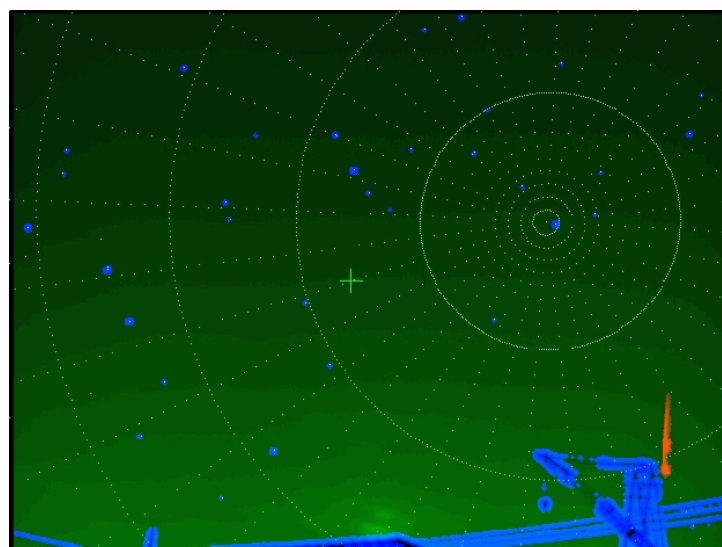


図 3 2 赤経赤緯線の重畳表示

分析が終了していれば、トレイルマップが表示できる。Ex タブ内 Trail Map 欄で Axis と Trail チェックボックスをオンに設定し、Trail Map ボタンを押す。以下のようなその夜の全移動物体の進入方向を星図上に描いた図が得られる。特定の輻射点から流れる流星群がある場合には経路が1地点で交わる画像となる。以下に2004年のペルセウス座流星群のトレイルマップを示す。

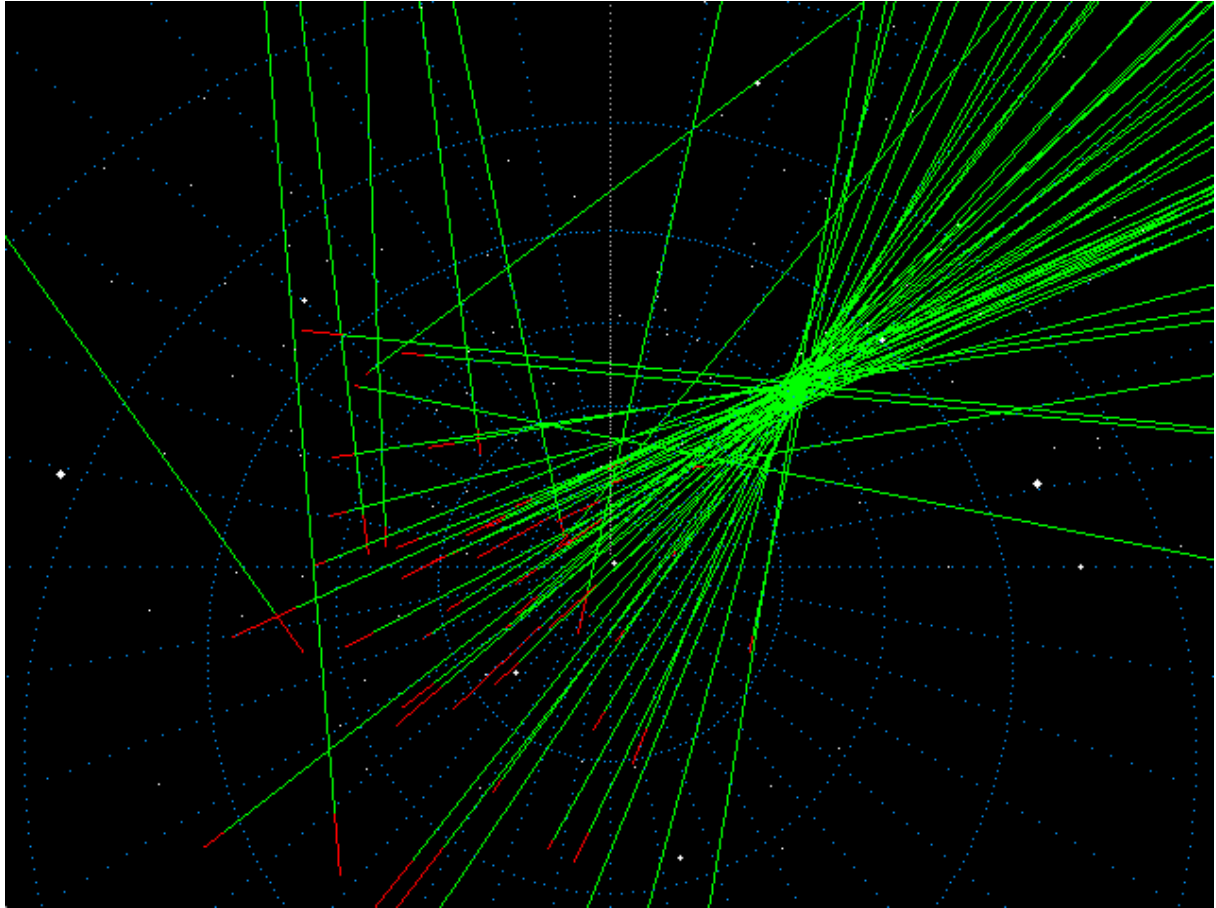


図33 トレイルマップ

以上が UFOAnalyzer による基本的な分析方法である。

夜空の現象は、一地点からの観測では、方位仰角しか分からない。しかし、もし、2地点以上で同時観測が成功していれば、高度、距離、速度などを求めることができる。流星の場合には正確な輻射点や、その太陽系内の軌道まで算出できる。スプライトでは立体的な位置関係を把握することができる。同時観測を実現するためには、より多くの人々が観測情報を公開し、付き合わせる必要がある。UFOAnalyzer のレポート機能はこのための機能であると言っても過言ではない。この意味から、観測時刻は常に出来るだけ正確に保ち、観測結果が得られたら、より多くの人々の目に届くよう心がけていただきたい。

【応用編】

カメラとレンズの選択

様々なカメラとレンズを使用することにより、これまで得られなかった映像をキャプチャできる可能性がある。ここでは、最初に全般的な注意を述べる。

カメラとレンズの選択に当たっては以下の注意が必要である。

- ・カメラには、マウント、CCD サイズ、アイリスタイプ、アイリスピン配列があり、これがレンズと適合しなくてはならない。具体的には以下の注意が必要である。
- ・C マウントのレンズは CS マウントのカメラにアダプターリングを介して使用できるが、逆はできない。
- ・1/2 インチのイメージサークルをもつレンズは 1/3 インチ CCD を持つカメラに使用できるが、逆はできない。
- ・アイリスタイプには DC アイリスとビデオアイリスの 2 種類があり、カメラには両タイプ切り替えられるものと、どちらかのタイプ専用のものがある。アイリスタイプは一致していなくてはならないので、購入前に確認が必要である。ちなみに、WAT-100N はビデオアイリス信号を出力し、CBC の F0.8 レンズにはビデオアイリス用と DC アイリス用の 2 種類があり、型番が違う。販売店でよく確認する必要がある。ただし、WAT-100N 用として Watec 社は DC アイリスレンズ用の変換コネクタケーブルを販売している。DC アイリスレンズを使うカメラも幾つかあるので、レンズは DC アイリス用を購入して、WAT-100N 使用時は変換ケーブルを併用する方法もある。
- ・アイリスピン配列には、WATEC 社の独自仕様のもの、EIAJ 準拠のものがある。WAT-100N は独自仕様であり、単品で販売されているレンズは EIAJ 仕様である場合が多い。両者はアイリス信号ピンの位置が異なるだけなので、改造は比較的容易である。販売店によっては、改造済みのレンズを WAT-100N 用として販売しているため、工作が不慣れな場合はこれを利用すべきである。尚、レンズのアイリスピンを接地ピンに接続するとレンズの絞りを開放固定とすることができる。WAT-100N では空きピンが接地されているので、アイリスピンの切り替えスイッチを付けると、WAT-100N 使用時には開放固定スイッチとして利用することができる。
- ・夜間の観測には最低照度ができるだけ低いカメラが望ましいが、TGV—M などのフレーム蓄積カメラは動体監視には不向きである。最低照度が 0.0001lux 未満のカメラは蓄積カメラが殆どなので注意が必要である。
- ・夜空の撮影にはガンマオフ(=1.0)が良好である。ガンマを設定すると背景すなわち夜空が明るく表示され、コントラストが下がり、昼間のような映像になる。ガンマオフに設定できるカメラを選びたい。
- ・カラーカメラは現状では最低照度 0.1lux 程度のものしか普通には入手できない。この感度では広角レンズを使用すると大きな火球レベルの発光現象でないと検出できない。より暗い流星やスプライトをカラー撮影したい場合には、望遠レンズの使用を考えるべきである。望遠レンズの場合、視野が焦点距離に応じて狭くなり、動体検出のチャンスは減るが、雷雲上のスプライトはほ

ぼ同じ場所に連続して発生することがあるので、機会を逃さずカメラを向けることにより、格段に鮮明に撮影することができる。以下に 2004 年 7 月に WAT-231S というカラーカメラに 25mmF0.95 レンズを装着して撮影したスプライトを示す。



図 3 4 WAT-231S + 25mmF0.95 によるスプライトのカラー画像

ケーブルの延長方法

カメラの電源ケーブルの延長方法には AC ケーブルを延長する方法と、DC ケーブルを延長する方法がある。WAT-100N の電源コネクタ部品は市販されているので、2m 程の DC 延長ケーブルを自作して用意すると便利である。カメラ近くのケーブルは雲台等に固定でき、毎回抜き差しする必要がなくなるからである。これによって設置と撤収がより簡単になり、電源スイッチ代わりにもなる。DC ケーブルをあまり長くすると電圧降下の心配があるので、この点は注意が必要である。

ビデオケーブルについてもカメラ近くは固定したいので、片端に BNC コネクタ、他端に RCA メスコネクタを付けた 2 m 程の変換延長ケーブルを用意すると便利である。変換コネクタが不要になり、カメラ周辺が整理できる。

WAT-100N のコントローラーを外す

WAT-100N のコントローラーケーブルは長さが限られており、高所への設置には不便である。特定の条件下ではこのケーブルを外すことができる。詳しくは参考情報に記載した SonotaCo 使用機材のページを参照されたい。

ノートパソコンを用いた移動観測

ノートパソコンはハードディスクやバス転送能力などがデスクトップパソコンに比べて劣るため、高解像度でのキャプチャを行なうためには最新の高性能ノートパソコンを用意する必要がある。以下に実際に移動観測で使用して良い結果を得たシステムの例を示す。



図 3 5 移動観測用機材

パソコン：エプソンダイレクト NT331（CPU Pentium-M 2GHz モデル）

キャプチャデバイス：ELSA Ex-Vision 600TV (USB2.0)

UFOCapture パラメータ詳細

UFOCapture の設定値は流星やスプライトを目的とした夜間観測では基本編に例示した値で殆ど変更の必要がない。しかしながら、より高感度の検出をしたい場合や流星痕を記録したい場合、などパラメータの修正が効果がある場合もある。以下に主要パラメータの意味と効果を参考までに示すので、状況に応じて実験して欲しい。

・ Codec

通常 AVI が記録として最も完全で望ましい。しかしながら、分析を必要としない場合や無人で長期間放置する場合などではより圧縮率の高い符号化方式を選ぶ。WMV は 1~2Mbps の高圧縮低ビットレートで保存できる。AVI 以外を指定した場合には以下の注意が必要である。

- 符号化処理のため、CPU 負荷はさらに高まる。処理能力に余裕がないとコマ落ちあるいは不完全クリップに繋がる。
- WMV ではクリップの終了処理に AVI より時間がかかるため、クリップ間の不感時間が長くなる。
- WMV でも分析は可能だが、輝点が失われることが多く、分析感度は低下する。UFOAnalyzer の DL offset を通常より大幅に下げることが必要な場合がある。

・ Frame Size

Frame Size を 320x240 にすれば処理負荷は 1/4 に現象し、より性能の低いマシンで動作させることができる。しかし、分析の精度も落ちるので、通常は推奨できない。

720x480 は DV 入力時に自動的に使用されるが、静止画や AVI フォーマットでは画素の縦横比が 1.0 にならないため、使用を推奨しない。

・ FPS

フレームレートは蓄積カメラやスローシャッターカメラを使用しない限り、NTSC 準拠で 30 とすべきである。処理能力が劣る環境では 15fps として、負荷を半分に下げることができるが、検出能力が落ちるので、推奨しない。蓄積カメラやスローシャッターカメラは、動作の記録間隔が伸びるだけでなく、動かない背景のみ感度を上げる。さらには蓄積してもノイズが目立たないように全体の感度を下げている場合が多いので、動体検出には全く不適である。

・ Detect Area

シンチレーションマスク使用時には、監視領域の外周 2 画素は平均値算出できないので監視対象から外される。従って、できるだけシンプルに Area 1 だけを使うことを推奨する。揺れる地上物体（例えば樹木）を避ける場合は複数の領域を使わざるを得ない場合がある。しかしながら、これは通常はカメラ方向を調整することによって回避すべきである。

・ Super Impose

スーパーインポーズの中で、Time および Frame No は科学的観測のためには必須である。Level

は安定した観測ができていいるなら省略してもよい。Level を表示設定にすると画面には 2 つの数字が表示される。左側が Detect Level を越えた変化画素数であり、Detect Size に対応する。右側が Detect Level に対応する明度差分最大値である。これらの数値は観測条件調整時に表示すると便利である。Clip Number は通常マルチファイルモードでは不要である。

- ・ Frame Shift Head

動体検出前の保存フレーム数であるが、これは 30 すなわち 1 秒分を推奨する。容量の問題がある場合や雷の連発によって連続キャプチャになる場合などでは、11~15 程度に下げることがある場合がある。しかし、Tail との和が 60 すなわち 2 秒未満になると、飛行機の点滅等を各々別の現象と捉えてクリップが分離され、異常に多くのクリップが記録されることがあるので注意が必要である。逆に 1 秒分以上に長くすることは大きな問題はない。イリジウムフレアのように増光が緩やかな現象ではその効果が発揮される。長くした場合には、各クリップに無駄な時間が多く含まれるので、ディスク容量に注意が必要である。また、現象が頻発する場合には連続クリップになってしまうことがあるので注意が必要である。

- ・ Frame Shift Tail

動体検出終了後の保存フレーム数であるが、これも Head と同じ理由で 30 を推奨する。但し、流星痕を捉えたい場合などでは、Tail を伸ばすことが効果があり、推奨できる。

- ・ Frame Shift Diff

明度比較フレーム間隔であるが、これは通常 1 を推奨する。この値を大きく設定するとゆっくりとした動作に対する検出感度が上がる。これは雲の動きなどのゆっくりとした現象を捉えたい場合に効果があるが、流星やスプライトの観測を目的とする場合には、不要なクリップが増えるだけなので、お薦めしない。

- ・ Wait

キャプチャボードへの信号取り込み開始指令から、動体検出開始までの待ち時間を指定する。これは、USB カメラなどの起動時にアイリス調整などの初期化処理で画像が不安定になるカメラで不安定部分を感知しないようにするためのパラメータであり、キャプチャボードを使用している場合には通常最小値に設定しておくべきである。

- ・ Min

Min=0 の場合、1 フレームのみの現象も無条件に記録される。Min=1 の場合、1 フレームのみの現象は大きいもの、具体的には Detect Size 指定値の 10 倍を超える変化があったもののみ記録される。Min=n,n>1 の場合、1 フレームのみの現象は発生時に無視され、キャプチャが開始されない。2~n-1 フレーム連続する現象はキャプチャが開始され、キャプチャ後にフレーム数が n 未満の場合、そのクリップは削除される。

小さい宇宙線ノイズなども検出したい場合には 0 に設定する。この時には通常 1 分間に 1 回程度は宇宙線が検出される。1 に設定すると、雷光、スプライト、流星などはほぼ逃さず検出でき、

尚且つ宇宙線ノイズは数時間に一回程度の大きいものしか検出されなくなる。2 に設定してもスプライトが検出できることがあるが、逃しているものもあるので、V1.84 以降では推奨しない。3 以上に設定すると大きい流星しか検出しなくなる。

- ・ Detect Level

フレーム間の同一画素の明度差閾値を設定する。通常は動体が無い状態でスーパーインポーズの検出画素数が 0~2 程度になるように Detect Level を設定すると全体として最高感度に設定できる。Noise Tracking を指定した場合には Detect Level は自動調整されるため、明度感度は Ratio と Delta で設定する。

- ・ Noise Tracking

背景ノイズに併せて Detect Level を自動調整する。空が暗くなり、感度が上昇して画素ノイズが増える場合などに極めて有効であり、使用を推奨する。

- ・ Noise Tracking Ratio

ノイズレベルに対する閾値の割合を%で指定する。画面全体の画素ノイズが検出される場合や、大きな明度変化のみ検出する場合に高く設定する。通常 105~110%程度で実用的な最高感度となり、200~300%程度で、巨大火球のみの検出となる。

- ・ Noise Tracking Delta

ノイズレベルと閾値の差分最低値を指定する。割合指定のみではノイズレベルが低い時に過小差分となり、ノイズ検出が増えることがある。通常 3~6 程度に設定するとノイズレベルが変動しても画素ノイズを検出することが無くすることができる。

- ・ Noise Reduction

明度変化の算出時に 4 画素の平均値を使用するモードで、画素ノイズが極めて大きい時に使用する。このモードを使用するより、カメラのゲインを下げて画素ノイズを減らした方が良い結果が得られる場合が多いので、殆どの場合使用しない。

- ・ Bright Only

夜間の鳥や昆虫など、背景より暗い対象の移動を検出しないモードである。このモードは各画素の長時間平均明度を基準値としており、殆どの暗い対象の移動を無視することができる。しかしながら、大きい物体や動きの遅い物体などでは、長時間平均値そのものが変動し、検出されることがある。また、地上光が上空へ漏れていると、黒い物体でも白く反射することがあり、これらは検出される。このモードは流星やスプライトなどの発光現象の観測には極めて有効であり、使用を推奨する。

- ・ Detect Size

明度変化が閾値を越えた画素の画素数の閾値である。Detect Level の設定により無動体状態で、

検出画素数が 0~2 程度の場合には 3 または 4 に設定すると最高感度となる。この値を大きく設定すると大きい現象しか検出しなくなる。不要クリップが増えない範囲で最低に設定することを推奨する。

・ SMask

シンチレーションマスクの有効無効設定で、夜間観測では常に有効（オン）に設定することを推奨する。オフにすると処理負荷が軽減できるが、恒星位置の検出が不可能になり、恒星の瞬きを回避するために大幅に感度を落とさねばならない。

・ Mlevel

シンチレーションマスク計算時に使用する輝点閾値である。通常 104~110%程度に設定する。値を下げるとより淡い輝点までマスクし、値を上げると明確な輝点のみマスクする。マスク位置は DispW または Disp B を ON に設定すると画面および記録静止画に表示できる。なるべく低く設定することが望ましいが、値を下げすぎると CCD の固定的な感度の差を全て検出することとなるので、マスク位置を確認して過度に下げないようにする。UFOAnalyzer の分析ではできるだけ多くの恒星位置が判明していた方が精度が向上するが、必要以上に多くの恒星を検出すると星座が分かりにくくなり UFOAnalyzer での Profile 設定時に苦労することがある。

・ MSize

シンチレーションマスクにおける輝点検出位置に設定するマスクの大きさを設定する。通常 5 程度に設定する。不安定な小さいあるいは細い地上物体（例えば電線など）が視野に入っている時はこの値を大きく設定すると周辺をより大きくマスクすることができ、風による僅かな移動や、車のヘッドライトの反射などによる突然の発光をもマスクすることができる。レンズの収差が大きいスペクトルを持つ明るい恒星（例えばオリオン座のベテルギウスなど）が視野に入っている時も大きく設定する。あまりマスク領域が増えると動体検出領域が減るので、必要最低限に設定したい。

・ DispW

マスク位置を白く表示する。恒星位置を確認する時と MLevel, MSize を調整する時にオンに設定する。

・ DispB

マスク位置を黒く表示する。恒星などの輝点を全て隠すため、マスクにかかわらず光すなわち監視対象のみを見ることが出来る。赤い恒星などの収差によるマスク漏れのチェックにも有効である。

・ DispC, CG, HG

実験用モードで、マスク位置に入力映像の長時間明度平均値 CG 倍し、動体検出位置を HG 倍してリアルタイムに表示する。通常見えない暗い恒星を入力明度に比例した明るさで観察できる。

複数のカメラの結果の分析

UFOAnalyzer は1つの入力ディレクトリに同一システムの同一方向の観測結果が格納されていることを前提にしている。分析済みの別のディレクトリを再度参照する場合にはそのディレクトリを In Dir に指定した後 Profile タブで Adjust to record ボタンを押すとそのディレクトリ内の記録にある Profile 情報を読み込むことができる。

また全ての Profile 情報は UFOAnalyzer の実行ディレクトリにある UFOAnalyzer.ini ファイルに記録されているので、このファイルを置き換えることによっても Profile を切り替えることができる。

個別クリップの再分析

以下の場合には AnalyzeAll による分析で妥当な結果が得られなかったり、1つのクリップから不要の複数の分析結果が得られてしまうことがある。

- 昆虫と流星が同時に視野に入った場合
- 流星が暗く、経路がうまく検出できない場合
- 移動速度が速く別の対象として複数の経路に分かれてしまう場合

これらは Ex タブで個別に再分析すると正しく分析できることがある。以下のその手法を紹介する。

- ・流星が他の対象と同時に視野に入った場合

例えば、下図左は昆虫と流星が同一クリップに捉えられたケースである。



図 3 6 複数の対象が入ったクリップ



図 3 7 範囲設定した分析結果

このケースでは、Ex タブの Change Area 機能によって流星のみを検出させることができる。このクリップの静止画が表示されている状態で、Change Area ボタンを押し、流星の左上から右下までの範囲をマウスでドラッグすることにより、分析対象をドラッグ範囲内のみ限定することができる。ドラッグ後、Ex タブの Analyze One ボタンを押すとそのクリップが分析され右図のような分析結果を得ることができる。

-
- ・流星が暗く、経路がうまく検出できない場合

UFOAnalyzer による分析は、通常キャプチャ時と同じ動体検出閾値を使用して分析するが、Ex タブの DL offset に 0 以外を指定することにより、これを変更することができる。通常 -2 ~ -4 程度を指定することにより、より微小な明度変化を検出することができる。この値は自動的にリセットされないため、そのまま Analyze All することもできる。不要となった場合、Set Default ボタンを押し元に戻しておく。

- ・移動速度が速く別の対象として複数の経路に分かれてしまう場合

DL offset と同様に Max vel を設定することにより、移動速度の上限を変更することができる。昆虫などの高速の移動が複数の直線的な移動に分かれてしまう場合にはデフォルト値の 2 倍程度の値を指定することにより、連続した軌跡とみなされ、曲率から昆虫と自動判定できるようになることがある。

等級の修正

流星の等級判定は、周囲の恒星と比較して算出すべきものであるが、現在の UFOAnalyzer にはこの機能はない。夜空の状態やカメラの種類により映像上は恒星の明度が大きく変化するため、これを自動的に補正することが困難だからである。現在の UFOAnalyzer では映像内の動体の最高明度または明度飽和画素数を元に相対的な等級を算出している。これは同一観測条件下における相対的な明度比較であり、絶対的な光度と等級の判定ではない。この結果を絶対的な等級に近付けるためには、以下を参考に Ex タブの Magnitude Setting を変更して Reset Mag により等級を再計算させる必要がある。

Magnitude Setting の各パラメータの意味は以下である。

Mag 0 level : 0 等級とする bmax 値

Mag unit level : 1 等級相当の bmax 差分

Above max : 飽和画素数に対する係数

Max level : そのシステムにおける飽和明度

画素の明度は通常 0 ~ 255 であるが、システムによっては飽和明度が例えば 235 となる場合もある。明らかに飽和しているのに bmax 欄に例えば 235 以上のものが無ければ、それが飽和明度である。等級計算のためには飽和明度を Ex タブ内の Max Level に正しく設定しておく必要がある。レポート中の bmax は検出対象の最高明度を B、フレーム内で明るさが飽和している画素数の最大値を N、飽和明度を L として以下の式で算出されている。

$N = 0 \rightarrow bmax = B;$

$N > 0 \rightarrow bmax = B + N - 1;$

Mag は以下の式で計算されている。

$N = 0 \rightarrow Mag = ((Mag\ 0\ level) - B) / (Mag\ unit\ level);$

$N > 0 \rightarrow Mag = ((Mag\ 0\ level) - L - \sqrt{N} * (Above\ max)) / (Mag\ unit\ level);$

色々な静止画

UFOCaptureEx と UFOAnalyzer では以下の静止画を得ることができる。



図 3 8 UFOCaptuerEx SnapShot 画像

動体検出点が指定色で表示されるため、動体の判定がしやすい

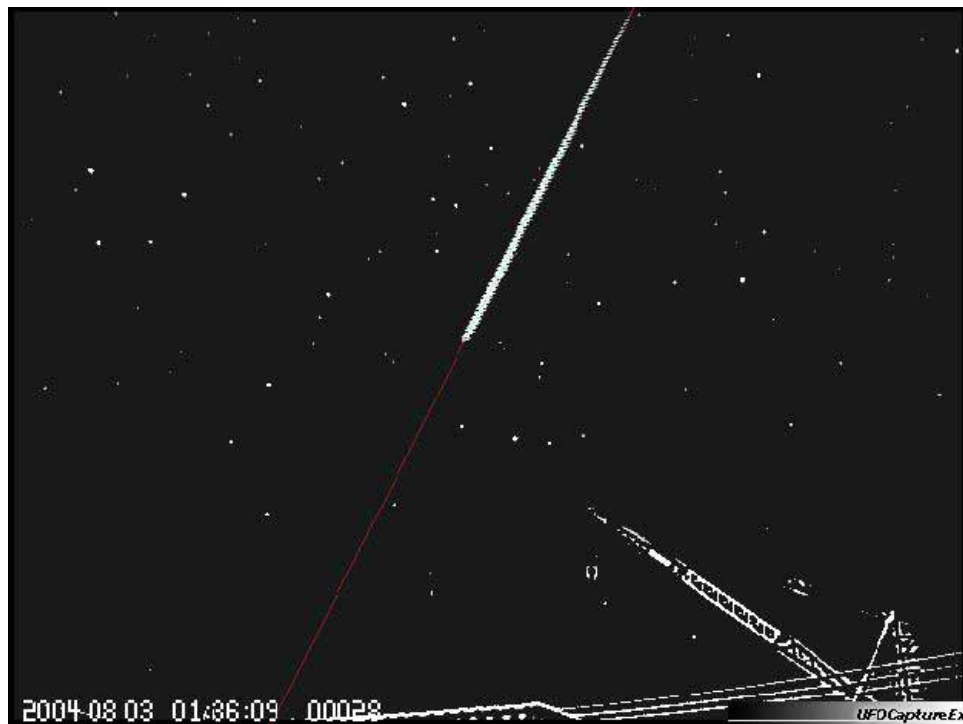


図 3 9 UFOCaptureEx Composit 画像

恒星位置を強調した静止画で恒星との位置関係を調べやすい。

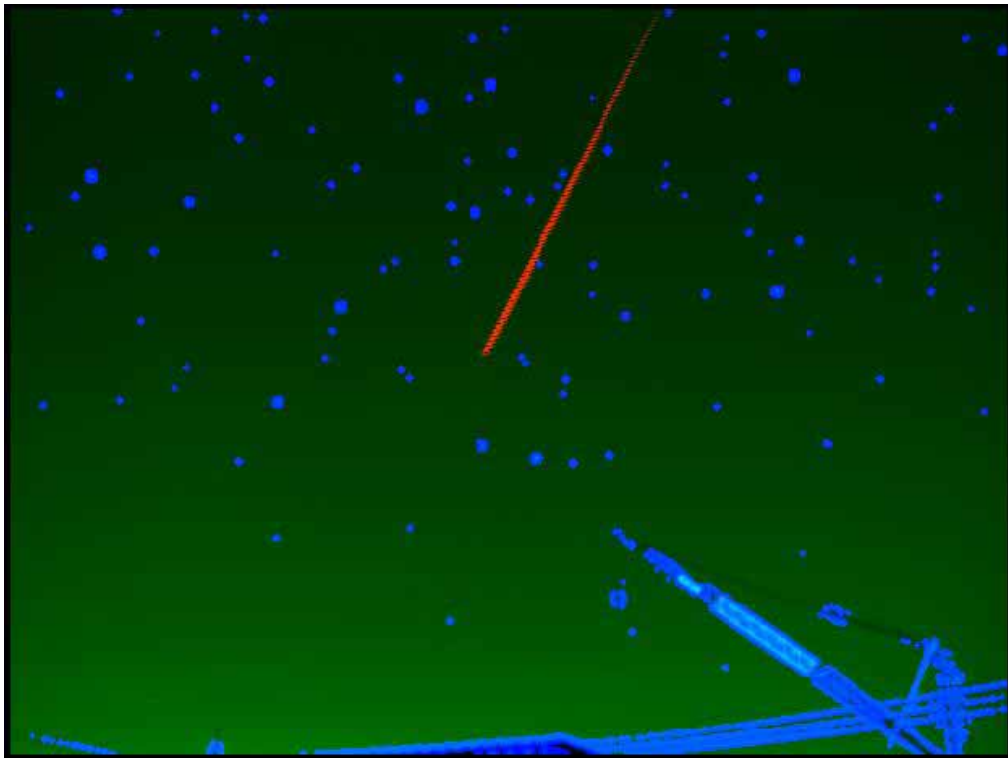


図 4 0 UFOCaptureEx Map 画像

RGB 各チャンネルに検出動体明度、長時間平均明度、シンチレーションマスクが分離されて格納されており、各々をデータとして利用できる。



図 4 1 UFOAnalyzer PeakHold 画像

キャプチャされたクリップの全フレームの最大値を検出した画像

【終わりに】

UFOCapture は元々は個人の趣味として興味本位に作成したソフトウェアである。色々面白いものが撮れるので、ネットで公開したところ、多くの方から助言と要望を頂いた。中には恒星の瞬きを無視するという難題もあり、面白そうなので、チャレンジすることにした。結果、シンチレーションマスク機能が生まれた。この機能によって夜空の動体監視機能は格段に高性能なものとなったが、それは、毎朝キャプチャ結果の処理に忙殺されるという事態を招いた。致し方なく、分類整理用に UFOAnalyzer を作った。作る過程で恒星位置を基準にした自動経路判定とその結果の公開による同時流星判定の可能性に気がつき、正確な恒星位置マッチング機能と自動分類機能、トレイルマップ、レポート機能などを開発した。これらの機能はスプライト観測で方位仰角を短時間に正確に判定することにつながり、いつのまにか科学分析ツールとなっていた。そうこうしているうちに、世界で初めてという現象がキャプチャされ、学会発表せざるを得ない仕儀となった。気がついてみると、思いもよらぬ世界にハマっていた。これからどうなるのかも、全く分からない。ただ、はっきりしていることは、不完全なソフトであるにも拘らず多くの方に熱烈に応援して頂き、様々な助言を頂いたことが日々の進歩を生んできたということだ。心から感謝したい。しかしながら、まだまだ改良課題は山積みの状態である。さらに、ネット上で自動的に同時観測判定をするという夢もある。これが実現すれば、渡り鳥から流星、スプライト、果ては人工衛星まで日本上空に現れるすべてのオブジェクトが毎日自動的に把握されることになる。いったいどんな成果が生まれるのだろうか。すぐには実現しそうでない大変な話だが、技術的な問題点は殆どない。今後ともご声援いただければ幸せである。

【参考情報】

SonotaCo トップページ

<http://hp.vector.co.jp/authors/VA034934/>

SonotaCo ダウンロードページ

<http://www65.tok2.com/home2/SonotaCo/Download/download.html>

UFOCapture 掲示版

<http://www65.tok2.com/home2/SonotaCo/cgi-bin/treebbs/treebbs.cgi>

SonotaCo.JP UFOCapture ユーザーズサイト

<http://sonotaco.jp/>

UFOAnalyzer 解説ページ

<http://hp.vector.co.jp/authors/VA034934/UFOA/>

キャプチャサンプル

<http://www65.tok2.com/home2/SonotaCo/Sample/CapSample.html>

2003 2004 スプライト観測ジャーナル

<http://www65.tok2.com/home2/SonotaCo/Sprite/>

SonotaCo 使用機材のページ

<http://www65.tok2.com/home2/SonotaCo/Sample/hard/hard.html>