慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

| | |
|---|---|
| Title | 「インターネット望遠鏡ネットワークの構築と科学教育カリキュラムの研究」中間報告 |
| Sub Title | Interim report on the project "network of internet telescope and rlated curricula" |
| Author | 表, 實(Omote, Minoru) |
| Publisher | 慶應義塾大学日吉紀要刊行委員会 |
| Publication year | 2004 |
| Jtitle | 慶應義塾大学日吉紀要. 自然科学 No.36 (2004. 9) ,p.27- 40 |
| JaLC DOI | |
| Abstract | 現在進行中のインターネット望遠鏡プロジェクトの紹介とその意義および進行状況を報告する。インターネット望遠鏡ネットワークとは遠隔地に設置したコンピュータ制御の望遠鏡をインターネット経由でアクセスし，講義・研究等に活用するための装置一式を意味する。 |
| Notes | |
| Genre | Departmental Bulletin Paper |
| URL | https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN10079809-20040930-0027 |

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

Hiyoshi Review of Natural Science
Keio University No. 36, 27–39（2004）

# 「インターネット望遠鏡ネットワークの構築と科学教育カリキュラムの研究」中間報告

インターネット望遠鏡プロジェクトチーム（代表者　表　　實）

現在進行中のインターネット望遠鏡プロジェクトの紹介とその意義および進行状況を報告する。インターネット望遠鏡ネットワークとは遠隔地に設置したコンピュータ制御の望遠鏡をインターネット経由でアクセスし，講義・研究等に活用するための装置一式を意味する。

## 1．序論

本プロジェクトは，インターネット望遠鏡ネットワークの構築と，それを利用した科学教育カリキュラムの研究を目的として，平成14年度から準備を始め15年度に本格的にスタートしたもので，研究費としてこれまで平成15年度・16年度の２年間にわたる慶應義塾大学大型研究助成を受けている。ここではこのプロジェクトの紹介と現段階（平成16年３月末）におけるその進捗状況を報告することにしたい。

インターネット望遠鏡とは，遠隔地に設置された天体自動導入の装備を備えた望遠鏡とビデオカメラ，およびこの望遠鏡をコントロールし取得した画像を送信するためのサーバーからなるもので，これらの望遠鏡にインターネット経由でアクセスして遠隔地からの天体観測を可能にするための装置一式を総称したものを意味する。またこれらのインターネット望遠鏡を国内および国外に複数台設置し，これらの望遠鏡を研究・教育に複合的に応用するためのシステムをインターネット望遠鏡ネットワークと位置づける。

科学カリキュラム研究は，上記インターネット望遠鏡が持っている遠隔地からもアクセス可能というその特性を利用した科学教育のためのカリキュラム開発を目指すものである。リモートアクセスが可能であることにより，これの望遠鏡を利用することが可能となる教育現場としては，慶應義塾大学日吉キャンパスにおける研究室・講義室は言うまでもなく，慶應義塾内の幼稚舎から高校にいたる全ての諸学校における教室も想定される。また，塾外の小・中・高校から大学等の教育および社会教育等，広範囲の教育現場における利用の可能性も将来的な課題として想定される。従って，インターネット望遠鏡を利用した教育カリキュラムの研究は，上

慶應義塾大学物理学教室　e-mail：omote@phys-h.keio.ac.jp

記のような広範囲の教育現場における利用を考慮したものとなることが求められている。

## 2．研究の目的

古来人類は夜空の美しさに魅せられてそこを舞台に多くの物語を創作し，星々の動きを指針にして日常生活の営みを決めてきた。また，これらの星の継続的な観測が，最初の自然科学ともいうべき天文学の誕生を促した。

もしも，毎日が曇り空だったら，人類は夜空の神秘的な美しさに魅了されることもなく，その限りない秩序の存在に気づくこともなかったのではなかろうか。「もしも，毎日が曇り空だったら」は，あくまでも仮想的な話であるがこのたとえ話から，夜空の神秘的な魅力が人類に及ぼした影響の大きさを推し測ることができる。そしてこの魅力に触れることがなかった場合に，文学・科学など様々な分野においてあまりにも多くのものが欠けていたであろうことに気づかされる。現代は大都会は言うに及ばずそれ以外の多くの地域でも，天体観測に関する環境は残念ながらこの仮想的な話に近い状況にあると思われる。このような状況の中にあって，多くの人々が再び夜空の神秘的な魅力を再発見できるような環境を整えることは極めて意義のあることであり，それが結果として自然科学への新たな興味を呼び起こすことになるものと期待される。インターネット望遠鏡を用いた天体観測を目指す我々の研究は，そのための最初の一歩を用意することを目的とするものである。

天文学は最も歴史の古い自然科学であり，ニュートン力学の誕生とその後の物理学の発展に大きな影響を及ぼしてきたことは言うまでもない。天文学が物理学の生みの母であっただけでなく，実際に自らが測定した観測データーを用いて天体運動の法則を検証してみることは，科学的な思考方法を育む上で現在においても重要な役割を果たすものと期待される。しかしながら天体観測の特殊性，すなわち観測対象となる天体の大部分が夜間にのみ観測可能となること，また雨天の場合には観測不可能になるなど気象条件に大きく左右されることのために，天文学の教育現場において自然科学としての重要な要素である観測実習は，ほとんどそのカリキュラムに取り入れられていないのが現状である。生物学・化学・物理学などの他の自然科学分野においては，実験実習がカリキュラムの重要な要素をなしていることと比べると，天文学教育のありかたは自然科学教育として重要な要素を欠いているといえる。インターネット天文台ネットワークの構築は，天文学の講義・授業に観測実習を取り入れる上で天体観測のもつこの障害を乗り越えるための環境を整えることを目指している。

インターネット望遠鏡を利用した天体の観測実習が教育現場に実際に根付くためには，そのための優れたマニュアルが求められている。この研究では単に天体の素晴らしい写真を撮るということに留まることなく，天体に関するデーターを実際に観測実習で求めて，それを用いて様々な科学的な考察を行うことが出来るための教育カリキュラムの作成とその充実化を目指す。

## 3．研究組織

インターネット望遠鏡プロジェクトチームは以下のメンバーによって構成されている：

・慶應義塾大学日吉物理学教室
　表　實，山本裕樹，中村康二（総研大）
・慶應義塾高等学校地学教室
　坪田幸政，松本直記
・熊本大学教育学部
　佐藤毅彦
・五藤光学研究所
　五藤信隆，笠原　誠，児玉光義，小林宏美，山腰　哲，二見広志

なお，平成15年度・16年度慶應義塾大学大型研究「インターネット望遠鏡ネットワークの構築と科学教育カリキュラムの研究」は，上記メンバーの一人である表 實が研究代表者となって研究資金を受けている。

## 4．研究の概要

インターネット望遠鏡に関する先行的な研究は，慶應義塾高校地学教室と熊本大学教育学部によって進められているものがあり，これまでに東京理科大学野田キャンパス・慶應義塾高校および熊本大学の国内計三箇所，また平成15年末にはガーナ共和国に国外第一号のインターネット望遠鏡が設置され，それぞれ教育に利用されている。また学校教育現場以外でも，兵庫県三田市等の数箇所に市民教育用にインターネット望遠鏡が建設されている。

本プロジェクトではこれらの先行研究の成果を参考にして，新たに国内外にインターネット望遠鏡を建設し，これらを慶應義塾内の大学および諸学校の研究・教育に供し，塾内の教育体制の中に観測実習を取り入れた天文科学のための教育カリキュラムを整えることを目指している。

そのための第一ステップとして，平成15年と16年度の２年間にわたる慶應義塾大学大型研究助成による資金援助を得て，慶應義塾のNew York学院（NY学院）敷地内に国外設置のインターネット望遠鏡を建設し，新たに開発予定の天文教育のためのカリキュラムと合わせて塾内の各教育現場での利用に供する環境整備を図る予定である。

次年度以降の研究計画としては，まず国内の天体観測に適した場所に（慶應義塾の立科山荘敷地を候補地として想定）望遠鏡を設置し，望遠鏡へのリモートアクセスによる天体観測と望遠鏡による天体の直接観測が可能になるための環境造りを検討中である。その後順次インターネット望遠鏡ネットワークの拡大と整備を図る予定である。

## 5．研究の意義

インターネット望遠鏡は以下に述べる利点をもつ：

1．操作が容易である（望遠鏡の初心者でも観測可能）

パソコンの画面上で位置の情報などを入力するだけで，観測対象天体を望遠鏡の視野に取り込むことが可能であるため，これまで望遠鏡の取り扱いに習熟していない人でも容易に天体観測ができる。また天体観測のために観測条件のよい場所まで望遠鏡を運ぶ必要がないことによって，天体観測を始めるための敷居を低くすることができる。天体観測に興味を持ちながら躊躇している人たちを実際に観測に向かわせる上で，また望遠鏡に馴染み深い指導者が少ない教育現場で天体観測の実習をカリキュラムに取り入れる上で，インターネット望遠鏡のもつ操作の容易性は極めて重要な要素となるものと思われる。我々のプロジェクトで試作したインターネット望遠鏡（国内に借置き中）には，現在既に天体観測の初心者であった学生が自宅からインターネット経由でアクセスし，惑星や明るい星雲等の観測を試みているが，これが可能となった背景にはここで述べたインターネット望遠鏡の特性が大きな役割を果たしている。

2．日中でも天体観測が可能（講義に活用可能）

経度の異なる国外にインターネット望遠鏡を設置することにより，日本国内の日中の講義時間に時差を利用して海外の夜空の天体を観測することが可能となる。我々のプロジェクトで建設計画が進行中のNY学院と東京は約10時間の時差（NYが14時間遅れている）があることから，例えば日吉キャンパスの講義時間にニューヨークの夜空を観測することが出来ることになる。日中の講義時間に太陽以外の天体をも観測することが可能となることは，観測実習を教育カリキュラムに取り入れる上での大きな壁が取り除かれる。

3．天候の影響が少なくなる

将来的な課題として，国内外の数箇所にインターネット望遠鏡を設置すれば，天候の良い地点の望遠鏡にリモートアクセスすることによって，観測を実行するに当たって天候の状況に左右されることが少なくなる。これは天体観測実習を取り入れることを困難にしているもう一つの壁を取り除くことになる。

4．自宅からでもアクセス可能

深夜に自宅からでも望遠鏡にリモート・アクセス出来ることから，天体観測で重要となる長時間観測や毎夜の連続観測が可能となり，そのことによって貴重なデーターの取得が可能となる。

5．画像およびデーターの取得が容易になる

インターネット望遠鏡では，観測した天体の画像やデーターを手元のパソコン画面にオンラインで取り込むことから，従来の望遠鏡に比較して画像や様々なデーター等の取得・保存が容易になる。また過去の観測データを保存しデータベース化することも可能となり，これらの観測データを研究・教育へ活用することが容易になる。

6．天体の24時間連続観測が可能となる

地上からの天体観測は，日の出による観測時間の制限が避けられないという困難を持っていた。海外に設置されたインターネット望遠鏡ネットワーク（時差が8時間異なる箇所に最低3台の望遠鏡を建設することによって）を利用することによって，同じ天体を24時間連続観測することが可能となり，従来は困難であった興味深い研究・教育が可能となる。

7．好条件の観測環境が実現可能となる

インターネット望遠鏡はリモートアクセス可能であることから，天体観測に関して好条件の場所に望遠鏡を設置することによって，大学や学校の教育現場では不可能であった条件に恵まれた観測が可能となる。

8．広範な教育現場で利用可能となる

各教育現場で独自に望遠鏡を設置することなく，様々な教育の現場からインターネット経由でこの望遠鏡にリモートアクセスすることによって，天体観測実習を理科教育のカリキュラムに取り込むことが可能となる。例えば，慶應義塾大学の日吉キャンパスにおける講義に，また塾の幼稚舎から高等学校にいたる諸学校およびNY学院での授業において天体観測が可能となる。将来的には，望遠鏡へのアクセスの許可範囲を広げることによって，社会教育の現場で更にはインターネットに繋がっている国内外の教育現場で，これらの望遠鏡を天文教育の教材として共用することが可能となる。

9．新たなカリキュラムの開発が期待できる

これまでは講義や授業で行う天体観測では，観測対象が太陽に限られていたことから，天体観測実習のカリキュラムも限られたものとならざるを得なかった。インターネット望遠鏡ネットワークは観測対象となる天体を，月・惑星などの太陽系天体から恒星・メシエ天体などの明るい星雲・銀河等まで広げられることから，観測実習のための新たなカリキュラムを開発できることになる。また各インターネット望遠鏡にアクセスして望遠鏡を操作できるのは一度に一人だけであるが，他の人が操作して取得している画像をパソコン画面上で見ることは（望遠鏡を操作することは出来ないが），複数のパソコンから同時に行うことが可能であるため，観測内容等について予め計画的に講義・授業を設定することにより複数の教育現場で天体観測を同時に体験することも可能となる。これは新しいタイプのカリキュラム開発の可能性を想定させ

るものである。

10. IT教育の新しい題材となる

付加的な効果として, この天体観測とそれを用いた天文教育では, 科学教育の現場でインターネット・ネットワークとパソコンを積極的に利用することから，科学教育の特性を利用したIT教育の新しいモデルを提供することになり，天文教育とIT教育が並行してなされることになる。

11. 科学教育を用いた国際協力の実現

国外の教育機関と協力してインターネット望遠鏡ネットワークを整備し，これらの各教育現場で観測データを共有することにより，教育現場における科学教育を通した国際協力の形を作ることが可能となる。

以上インターネット望遠鏡の特性についてまとめてきた。新しく開発・設置されるインターネット望遠鏡システムを活用することによって，これらの特性がこれまで教育現場で天体観測実習をカリキュラムとして取り入れる上で，ネックとなっていた障害の多くを取り除く上で大きな役割を果たすことが期待される。上ではインターネット望遠鏡の優位性について述べてきたが，もちろん望遠鏡を通して直接天体観測することの意義は減少するものではない。むしろ，インターネット望遠鏡に関してはそれ自身がもつ特性を生かした利用法を追求する傍ら，その利用が望遠鏡による直接観測へのステップを与えるものとしての位置づけも出来るであろう。

教育のいろいろな段階で理科離れが問題になってから長い時間が経ち，その改善のために様々な試みがなされているが，問題のポイントの一つはいかに自然科学の面白さとその重要性をその学習過程で認識させることができるかにある。老若男女を問わず天文・宇宙には多くの人々が少なからぬ興味をもっていることは良く知られていることであり，天文学へのこの知的好奇心を刺激することにより自然科学への関心を呼び起こすことが出来れば，理科離れの問題を解決するための重要な処方箋を提供できることになる。この研究の意義は，インターネット望遠鏡ネットワークの構築とそれを用いた天文観測のためのカリキュラム開発が，理科離れの解決と科学的な思考法の訓練のために貴重な役割を果たすことが期待できる点にある。

## 6．インターネット望遠鏡の構造

製作中のインターネット望遠鏡の構造は以下の通りである。

### 6.1　基本仕様

全天候型観測室に設置した小型望遠鏡をインターネットを経由して操作できるシステムを構築する。撮像対象としては月・惑星の明るい天体から比較的明るいメシエ天体（M13など）までの画像撮像を可能とする。これらの画像はメインスコープによる長望遠像とサブスコープに

よる中望遠像を切替又は同時に配信できるものとし，リモートでピント調整（サブスコープを除く）と感度調整ができるものとする。また望遠鏡を操作するインターフェイスはブラウザ上で動作し，特定のOSになるべく依存しないものとする。

### 6.2　システム構成

システムは全天候型観測室，天体望遠鏡関係，カメラおよびサーバーからなる。

1．全天候観測室

型式：全天候ガラスウィンドウ（ピラミッド）型

壁体：スチール製，ドア付き

ドーム部：ガラス製，スチール枠付き

エアコン

2．天体望遠鏡関係（基本システム）

メインスコープ望遠鏡：口径200mm，焦点距離2000mm，シュミットカセグレン望遠鏡（MEADE LX200GPS-20）惑星観測用

サブスコープ：口径45mm，焦点距離300mm，屈折望遠鏡メシエ天体等微光天体観測用

3．望遠鏡用カメラ（WEBカメラ＋サーバ）

主望遠鏡と副望遠鏡用にそれぞれ超高感度CCDビデオカメラ搭載

4．サーバーコンピュータ

望遠鏡サーバーとカメラ・サーバー

## 6.3　構成図

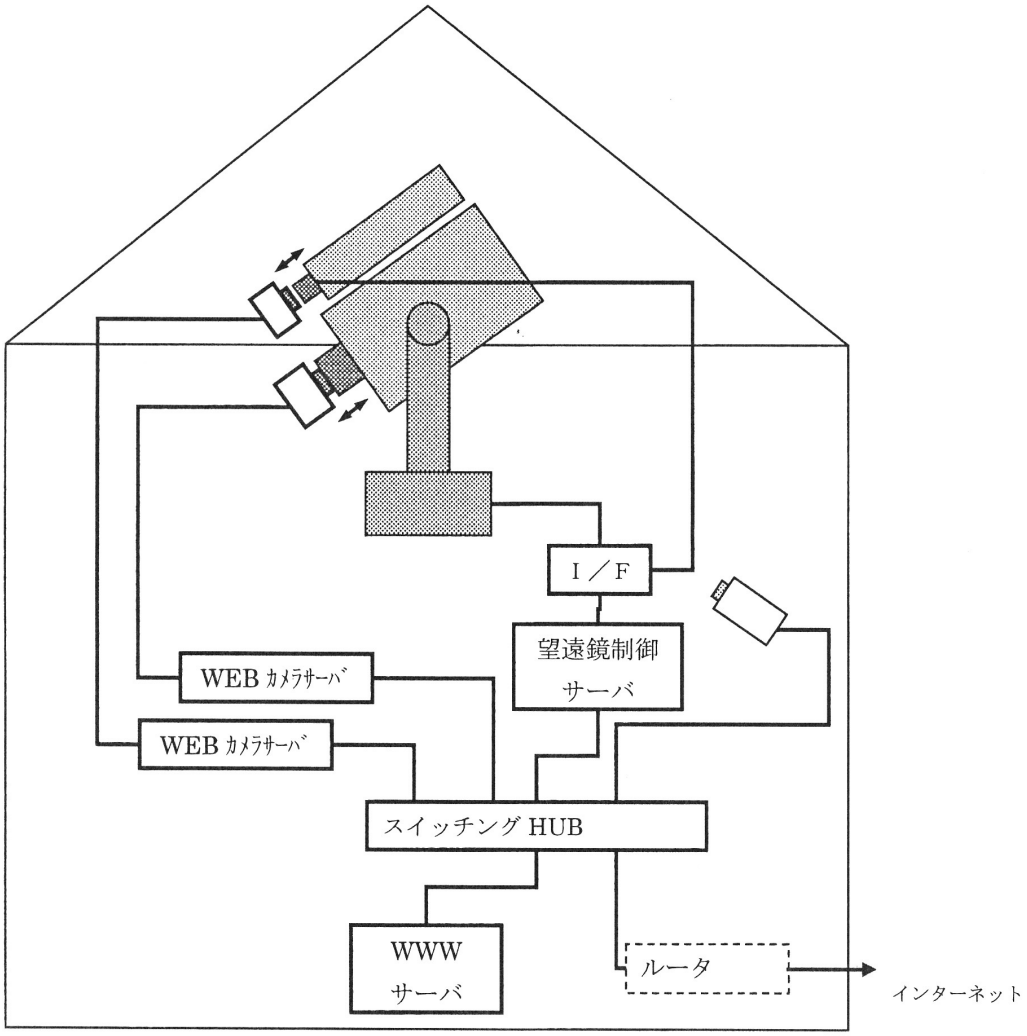

I／F
望遠鏡制御
サーバ
WEB ｶﾒﾗｻｰﾊﾞ
WEB ｶﾒﾗｻｰﾊﾞ
スイッチング HUB
WWW
サーバ
ルータ
インターネット

図1　構成図

## 6.4　観測室概略図

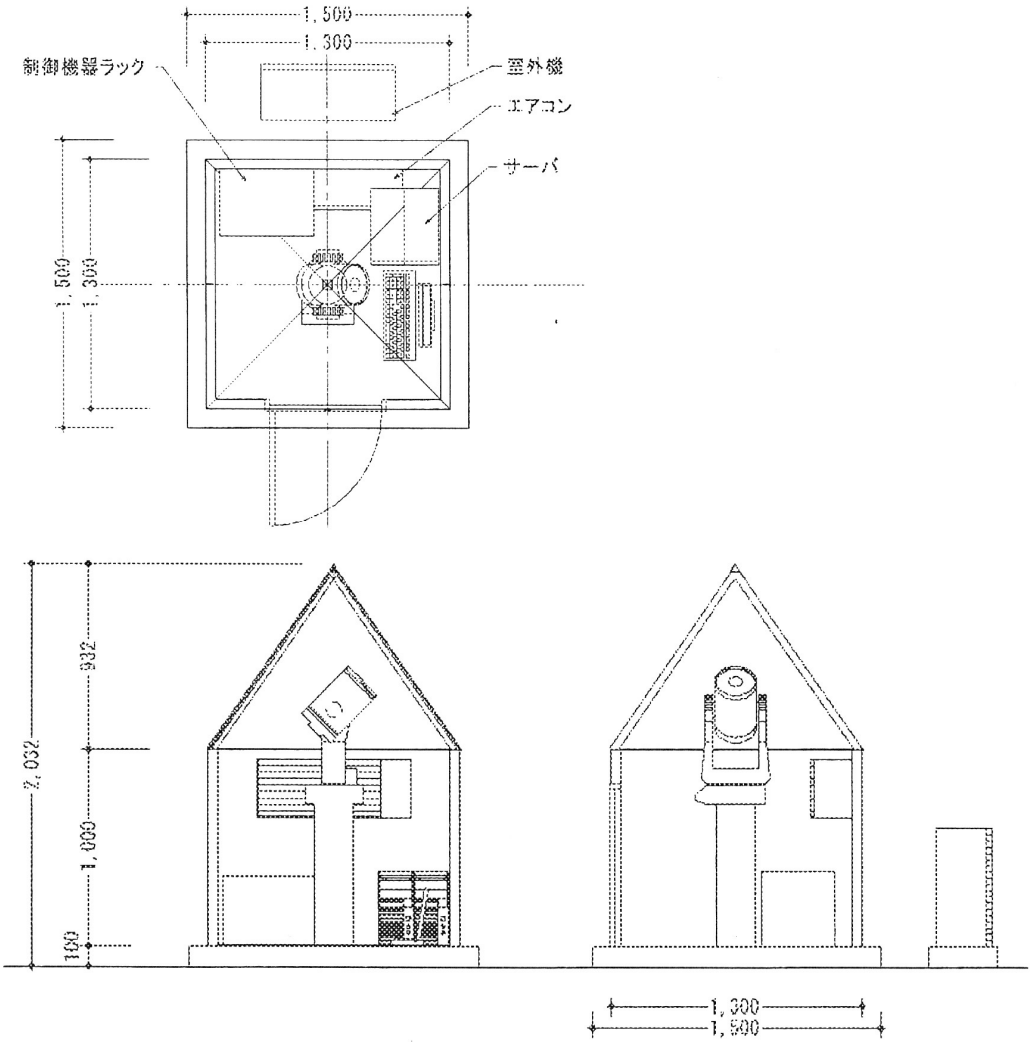



図 2　観測室概略図

## 6.5　試作機の写真

写真 1

写真 2

写真 3

## 7．研究の進捗状況

この研究は，1）インターネット望遠鏡を設置するのに適当な候補地を国内外から選定し，そこに実際に望遠鏡の建設を図ること，2）インターネット望遠鏡を利用した科学教育のためのカリキュラムを開発すること，の2点からなる。

1）の望遠鏡建設に関しては，設置箇所として国外では慶應義塾NY学院を第一候補とし，国内では慶應義塾立科山荘敷地内を想定して，交渉と準備を進めてきた。現在はNY学院側からの設置許可の返事を得て，敷地内における設置場所の検討を進めている段階である。また同時に設置すべき望遠鏡の形態に関しても様々な検討が進められてきたが，望遠鏡を収納する容器としては図2に示すように上半分がピラミッド型のガラスで囲まれた全天候方式を採用することに決定した。これは設置箇所としてNY学院という遠隔地を考えた場合に，インターネット望遠鏡が万一引き起こすかもしれない不慮のトラブルに対応する上で，どのような形態が望ましいかの検討結果に基づく結論である。ここまでの研究成果に基づくインターネット望遠鏡の試作機を，昨年11月に五藤光学研究所社屋の屋上に建設し，現在プロジェクトのメンバーおよび慶應義塾大学の学生等がこの試作望遠鏡に，研究室や自宅から夜間にアクセスし様々な天体の観測を試みながら，試作したインターネット望遠鏡の性能・使い易さなどを調べている。現段階で明らかになっている検討すべき課題としては，望遠鏡をガラスで覆われたドームに収納することによって生じる温度管理の問題・取得された天体画像の劣化の問題等があり，これらの問題を克服する可能性に関する研究を進めている。

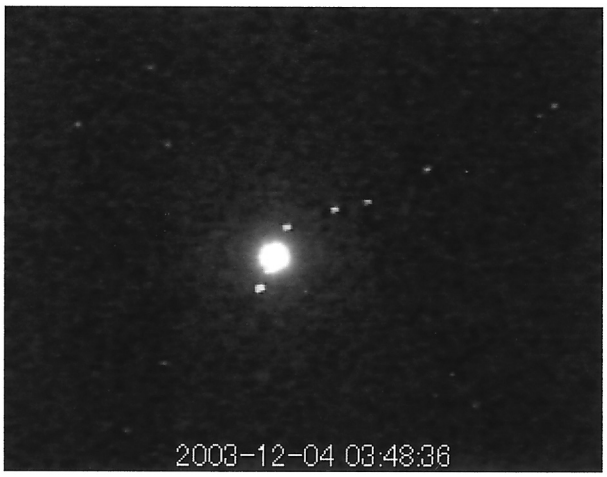
2）の新しいカリキュラム開発に関する研究はまだ始まったばかりであるが，今年度の重要課題として精力的な取り組みがなされる予定である。

## 8．まとめ

我々のプロジェクトは，現在望遠鏡性能の改善･より使い易いインターフェイスの開発･様々なカリキュラムの研究などの課題と，複数台のインターネット望遠鏡設置のための資金獲得など多くの課題を抱えている。

しかしながら，本文第五節「研究の意義」のところで強調したように，インターネット望遠鏡ネットワークに期待される天文教育･研究への寄与は非常に大きいものがあると考えられる。これらのネットワークが完成しそこで利用すべきカリキュラムが完備することによって，慶應義塾の一貫教育体制を生かした新しい科学教育を行う環境が整えられることになる。またこのプロジェクトの成果は，将来的には塾外（国内までを含む）の様々な教育現場へ波及可能なものであり，その意味で将来的な展望をもってこの研究を進めていきたいものと考えている。

## 9．補遺：試作望遠鏡で撮影した天体ライブラリーから



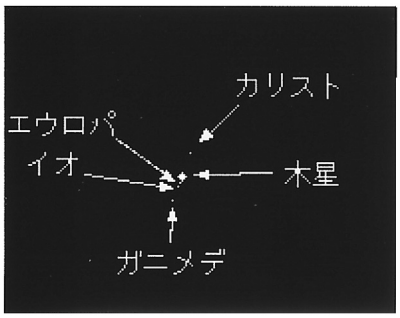




写真４　木星とその衛星：サブスコープによる画像と天文シミュレーションソフトによる説明図

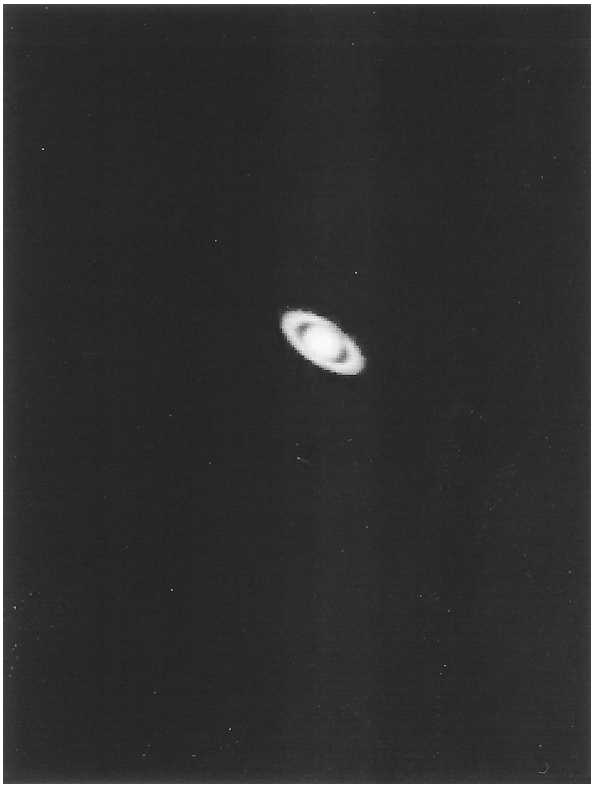


写真 5　土星：メインスコープによる画像

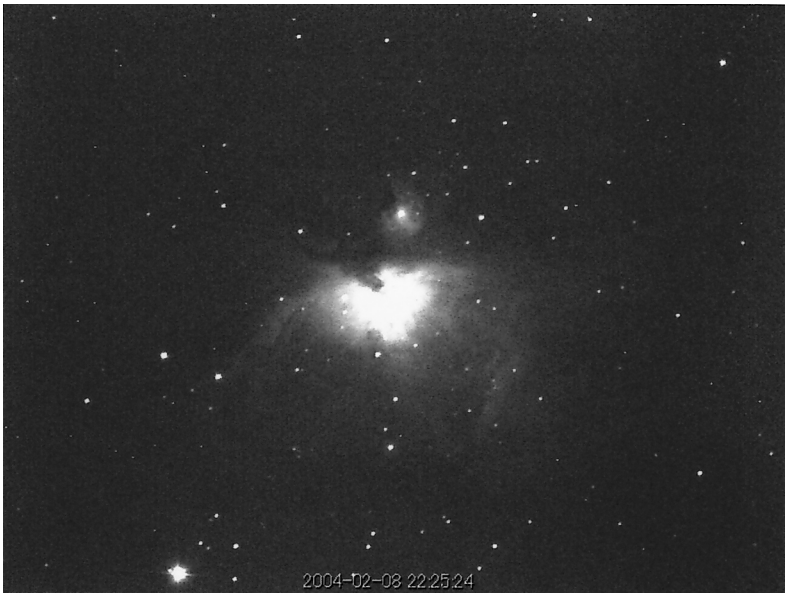



写真 6　オリオン大星雲（M42）：サブスコープによる画像