

年間特集

学校教育のためのアイソン彗星情報提供

鈴木文二¹ (埼玉県立春日部女子高校)、有本淳一¹ (京都市立洛陽工業高校)
 梅津寛明¹ (大阪教育大学)、大西浩次¹ (長野工業高等専門学校)
 篠原秀雄¹ (埼玉県立蕨高校)、成田直¹ (川西市立北陵小学校)
 野口亮¹ (尼崎市立武庫東小学校)、渡辺洋一¹ (大阪市立玉出中学校)

1) 学校教育のためのアイソン彗星情報提供ワーキンググループ

1. はじめに

11月29日に近日点を通過するアイソン彗星(C/2012 S1)は、彗星と地球の位置関係が比較的良好、観測しやすい彗星だと考えられる。話題を独占するほどではないが、天文教育の対象として特筆すべき現象である。

ただし、10月下旬現在、彗星の光度は初期の予測を大きく下回っており、悲観的な声も聞かれていることも事実である。しかし、太陽表面近くをかすめる「サングレーザー」彗星のひとつであり、近日点通過後に、大彗星に変容する可能性もある。

2. アイソン彗星情報提供 WG

近年の彗星の研究は、地上観測だけでなく、探査機によるミッションもすすみ、ハレー彗星、ヘール・ボップ彗星で得られた成果は、従来の太陽系小天体の知見を大きく変えた。さらに、相次ぐ太陽系外惑星の発見は、惑星系に対する関心を引き寄せ、天文学の中で宇宙論と並ぶ研究の柱となっている。

マスコミを巻き込むような話題として、太陽系天体のイベントは豊富である。しし座流星群を始めとし、火星大接近、水星と金星の太陽面通過、皆既・金環日食と続いている。一方で、学校現場では、新しい学習指導要領が実施され、宇宙に関する取り扱いが充実してきた。そこで、今回のアイソン彗星を機に、新しい太陽系像を紹介する実践をすすめたいと考え、本年夏の年会において有志が集まり、

表題にあるようなワーキンググループ(WG)を結成するに至った。

アイソン彗星に関連しては、さまざまな書籍が出版されており、Webサイトも目を見張るような充実ぶりである。ヘール・ボップ彗星の接近時とは隔世の感がある。WGの目的は、多くの情報が溢れている中で、学校教育現場での対応だけに特化して、有益な情報を提供しようとするものである。

3. 資料提供状況

すでに本会のWeb上には、いくつかの資料が掲載されている[1]が、現時点で紹介できるものを、次ページ以降に掲載する。

WGメンバーとWeb委員の協力によって、日ごとに資料は更新されており、本会会員だけでなく、広く学校教育現場で活用されることを期待している。

文 献

[1] アイソン彗星情報提供 WG 情報ページ
http://tenkyo.net/wg/ison/ison_index.html

WG 代表 鈴木文二

[資料] WG がまとめたアイソン彗星情報



ウエスト彗星(C/1975 V1)

- 学校教育現場で対応するために -

アイソン彗星がやってくる

天文教育普及研究会

学校教育のためのアイソン彗星情報提供 WG

いま、太陽系の遙か彼方より、わずか直径 5 km 程度の小天体が、太陽に向かって落ちてきている。この小天体は、水、一酸化炭素、二酸化炭素などの「氷」と、小さな砂や有機物などの「ダスト」が混じっている「汚れた雪だるま」のような天体である。この小天体は、太陽の熱によって徐々に溶け始め、次第に「尾」を伸ばし、2013 年 11 月 29 日（日本時）、太陽をかすめるように通過する。無事に通過できれば、明け方の空にサーチライトのような尾をなびかすはずだ。この小天体の名前をアイソン彗星という。

※1 観望のポイント

アイソン彗星は、肉眼もしくは双眼鏡で見るのがお勧めです。天体を見るというすぐには望遠鏡という発想になりますが、雄大な尾を引く彗星は、望遠鏡より肉眼で、あるいは双眼鏡での観察に向いています。

まずは肉眼で見てみてください。予想通りに明るくなれば、肉眼で夜空に浮かぶ彗星全体の姿を楽しんでみるように指導してはどうでしょうか。宇宙や自然に対する興味を引き出す、恰好の題材になると思います。

肉眼で見た後、あるいは彗星があまり明るくなっていないときには、双眼鏡を使ってみましょう。双眼鏡ならば、肉眼よりはるかに暗い彗星まで、さらに彗星の細かな構造まで見えます。注目のポイントはコマ*や尾の形、濃淡などです。

肉眼でやっと見える彗星でも、デジカメで簡単に写ります。まわりに見えている星座の星との位置関係がわかるように撮影するとよいでしょう。撮影の際には、デジカメの感度を上げておくことを忘れずに。

双眼鏡やデジカメを使う時は、三脚を用意すると便利です。三脚がない、あるいは取り付けられない場合は、屋上の柵や台になっているようなものなどで機材を固定する方法を考えてみましょう。三脚があるとないとでは、観望や撮影のしやすさが大きく変わってしまいます。

※コマ：彗星の頭部のぼやっとひろがって見える部分。その中に、主に氷でできた核がある。

※2 観望会を開こう

肉眼で見えるかもしれない彗星が現れるのは、そう滅多にあることではありません。ぜひこの機会に、学校で観望会を実施し、子どもたちといっしょに自然体験や観察をしてみてください。

アイソン彗星は 11 月 29 日に太陽に最も近づき、その後、12 月 27 日に地球に最接近しますから、12 月始めが一番の見ごろになります。しかしこのころは、日の出前の東の空でないと見ることができません。この時間帯に観望会を持つことはなかなか難しいでしょう。（中学や高校の部活動で取り組むならぜひ合宿を企画してはどうでしょうか。）その後、12 月下旬からは日没後の西の空に見えます。さらに、1 月下旬にかけて北の空へ移動し、一晩中見えるようになります。見える時間帯はだんだん良くなりますが、逆にアイソン彗星自体は、太陽と地球からどんどん遠ざかって行きますから、双眼鏡でないと見えないのではないかと考えられます。子どもたちだけでアイソン彗星を観察するのは少しハードルが高いでしょう。

この時期は寒さが厳しいため、観望会を行うことに障害はあります。しかし、冬場ゆえに早く暗くなるため、

冬の星座（オリオン座など）を観察できるというメリットもあります。子どもたちだけでは準備できない機材を用意して、観望会を企画してみてもどうでしょうか。

観望会の実施にあたって機材やスタッフの支援を行ってくれる団体は全国にたくさんあります。天文教育普及研究会には、観望会を支援するWGもあります。ぜひ、ご相談ください。

㊦3 アイソン彗星の情報を集めよう

このアイソン彗星の冊子の原稿や、その補足追加情報は、天文教育普及研究会のホームページのアイソン彗星情報ページにあります。ここでは、原稿の内容についての補足があれば、随時、追加する予定です。

天文教育普及研究会ホームページ（<http://tenkyo.net/>）

アイソン彗星の最新情報や観察について、下記の3つでほぼ必要な情報は網羅できます。

(1) 国立天文台のアイソン彗星のページ

<http://www.nao.ac.jp/astro/sky/2013/ison.html>

アイソン彗星の見え方の図は夜明け前30-40分の図ですが、彗星をはっきり見るには、夜明けの薄明が始まる前でないといけません。薄明が始まって、10-20分経つと暗い星は見えません。尾も見にくいでしょう。例えば、12月の一番良い頃の週末は、12月7日（土曜日）を例にすると、東京での日の出は6時36分ですが、薄明開始が5時06分です。やはり、おすすめは、日の出の90分前の時間です！（午前5時前後）

(2) 日本天文協議会 アイソン彗星を見つけようキャンペーン

<http://ison.astro-campaign.jp/>

アイソン彗星を実際に観察してもらうことを目指した、日本天文協議会の「アイソン彗星を見つけよう」キャンペーンのWEBです。キャンペーン期間は、2013年11月1日から2014年1月20日を予定しています。キャンペーンページなどを参考にアイソン彗星を探して、観察した場所や彗星が見えたかどうかを報告することもいいでしょう。このWEBから、アイソン彗星軌道模型や観察用マップ、リーフレット、キャンペーンイメージキャラクター「アイちゃん」のデータ素材などをダウンロードして、授業や広報に活用することができます。

(3) アストロアーツ社のアイソン彗星ページ

<http://ison.astroarts.co.jp/>

㊦4 アイソン彗星、彗星に関連する書籍

- ・「大彗星、現る。」、吉田 誠一・渡部 潤一 著、ベストセラーズ、1628円
- ・「彗星探検」、縣 秀彦 著、二見書房、1785円
- ・「彗星の科学—知る・撮る・探る」、鈴木 文二・秋澤 宏樹・菅原 賢 著、恒星社厚生閣、2730円
- ・「アイソン彗星パーフェクトガイド」、沼澤 茂美・脇坂 奈々代 著、成美堂出版、1050円
- ・「アイソン彗星観測ノート」、中西 昭雄、縣 秀彦 著、旬報社、525円
- ・「巨大彗星-アイソン彗星がやってくる」、渡部 潤一 著、誠文堂新光社、1260円

小学校で「彗星」の指導をするために

小学校では、教科書などに彗星の具体的な扱いはほとんどありません。その中で、小学校現場では、どんな取り組みができるでしょうか。中学校や高等学校とは違う、小学校だからこそできる取り組みを、低学年でもできる内容を中心に、高学年までの発展として考えてみました。

『彗星は流星群のお母さん』<低/中学年>◎発問 ●児童取り組み 【】指導上押さえるべき点 *留意点

児童の学習活動	発問・支援
1. 流れ星、流星群について知り、流星群のお母さんが彗星であることを知る。	◎流れ星を見たことはある？【流れ星が多く見られることを流星群という】 ◎流星群のお母さんって誰だろう？➡彗星の写真を提示【アイソン彗星が近づいていることを伝える】 *今回のアイソン彗星に関連する流星群の出現はない。
2. 核の大きさについて知り、彗星について興味をもつ。	◎彗星の核（中心）の部分の大きさはどれくらいだろう？【5~10km であることを伝え「駅と学校の距離」のように身近な長さ比べて実感できるようにする】
3. 彗星のつくりを知る。 (雪だるま➡水➡氷、汚れている➡土➡砂粒)	◎彗星の体は何でできていると思う？【彗星の画像を見せて自由に予想させる】 *予想をさせた後、汚れた雪だるまのイラストまたは画像を提示し、雪に混ざっているものが小さな砂粒のようなものであることを押さえ、その砂粒が流れ星になることを伝える
4. 彗星を見てみようという意欲をもつ。	◎流れ星のお母さんである彗星をこの目で見てみよう！【彗星に興味があわくように働きかけてまとめとする】 *流れ星と彗星の見え方の違いに注意する。流れ星は一瞬で流れるように見えるが、彗星は見える位置が毎日少しずつずれるが「流れる」ようには見えない。

『彗星の正体を解き明かそう！』<中/高学年> ※上の展開案の「2」の続きとして行うとする。

児童の学習活動	発問・支援
3. 画像を見て、彗星が太陽の作用によって姿を変えることに気づく。	◎2つの画像を見比べて気づいたことを発表しよう。 【10月頃と12月頃のアイソン彗星の画像を提示する。12月の方が太陽に接近していることを伝える】*太陽からの距離の違いで尾の長さが変わってくることから、彗星は太陽の作用を受けて姿を変えることに気づかせる。
4. 彗星のつくりを知る。	◎彗星の正体は何だろう？ 【太陽の熱によって溶けることから、氷を連想させるようにする】*予想をさせた後、「汚れた雪だるま」のイラスト（または画像）を提示し、彗星の正体が氷や砂粒が混ざったものであることをおさえる。この砂粒が流れ星のもとになることを伝える。
5. 彗星を観察し、気づいたことを記録する。	◎観察をして彗星の変化を確かめよう。 【実際の空で毎日観察を行うことは難しいと思われるので、毎日アイソン彗星の様子が見られるサイトなどを見ながら感想を書かせてもよい。画面のプリントアウトやスケッチをさせてもよい】*無理のない範囲で一週間ほど続けられればよい。
6. 観察記録をまとめる。	◎観察記録をまとめよう。 【画像やスケッチとともに、気づいたことや思ったことを書き留めて模造紙にまとめたり、製本したりすると一生の思い出となるだろう】

* 彗星を観察するのは冬の早朝になります。防寒対策はもちろんのこと、まだ暗い時間帯から野外に出ていくことになるので、保護者の協力は必須です。学級通信などを利用して、計画的に保護者へ連絡しておきましょう。

中学校で「彗星」の指導をするために

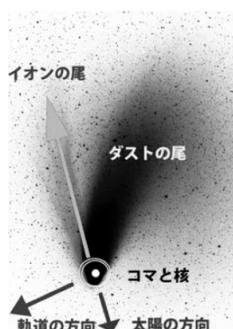
中学校の教科書では、彗星は惑星以外の天体の一つとして簡単に紹介されていますが、いつでも見られるものではありません。このたびのアイソン彗星はまさにチャンスです。授業では短時間でも彗星の特徴や観測の仕方を紹介し、生徒たちを天文の世界へ導きましょう。また、彗星のみならず星座や惑星の観察の好機です。天文分野を座学で済ませず、ぜひ星を見る機会を設けてください。

1. 『彗星の写真から特徴を見つけてみよう』

●生徒の学習活動	◎発問 【指導上おさえる点 *留意点
●彗星という天体があることを知る。	◎写真は何という天体だろうか。 ※流星（流れ星）と混同する生徒もいると思われる。 ※彗星とわかれば、何彗星の写真か尋ねてみるのもよい。 教師よりも詳しくかったり、よく星を見ている生徒がいるかもしれない。
●彗星にはコマや尾があることに気づく。	◎写真を見て、彗星がどんなつくりになっているのか 【尾だけでなく、明るく光る頭の部分（コマ）があることに気づかせる。】
●尾が2種類あることに気づく。	◎尾は1つだけか。【尾が方向の違う2種類あることに気づかせる。】

2. 『彗星についてさらに調べてみよう』

◇調べるテーマ例	◆発表例 *留意点
グループごとにテーマを1つ選ばせ、インターネットなどで調べさせ、発表させる。	
◇コマと核	◆彗星の頭には、ぼやっとひろがる「コマ」があって、その中に氷でできた「核」がある。 ※コマの大きさについても調べさせる。 (10万kmくらい。参考：地球-月間 38万km)。
◇イオンの尾、ダストの尾	◆太陽と反対方向にのびる「イオンの尾」と彗星軌道にたなびく「ダストの尾」でできている。 ※尾の長さについても調べさせる。 (長い場合には数千～から数億km。参考：地球-太陽間 1.5億 km)。 ※イオンの尾は、CO、H ₂ O ⁺ でできている。(関連：第1分野のイオン) ※ダストの尾は、μmサイズの鉱物の微小な破片である。真っ暗な部屋で、ライトをつけてホコリが反射しているようすを見せるのもよい。
◇過去の彗星	◆ハレー彗星（76年周期、紀元前にも観測記録あり）、池谷・張 ^{マン} 彗星（最長の周期366年）、百武彗星（地球に0.1天文単位まで接近）、シューメーカー・レヴィ第9彗星（1994年に木星に衝突）など。 ※肉眼で見られる彗星が近年にもいくつかあって、人々の心を踊らせたことに気づかせる。 教師や家族に当時のようすを尋ねさせるのもよい。
◇彗星の起源	◆エッジワース・カイパーベルトやオールトの雲など、太陽系の外縁部が起源とされる。
◇アイソン彗星の見え方	◆（11月以降）日の出前の東の空に見られる。明るいときには、肉眼で見ることができる。 ※冬至の頃なので、太陽がのぼる方角を意識させる学習につながる。天球儀にアイソン彗星の位置を記入して回転させると、日の出前に昇ってくることを確認できる。



3. 『彗星を自分の目で見てみよう』

【方法】①各自で観測させる。②学校で観望会を行う。
【場所・時間】東の空が開けたところ。夜が明けて明るくなり始める前（薄明前）。
【あるとよいもの】双眼鏡、星座早見盤
【ポイント】明るさ、尾の向き・長さ。周りの天体（星座・惑星）。
【注意】早朝といえども「夜間」なので、安全面について指導しておく必要がある。
【実例：交通事故に遭う。騒がしくなり、近隣から苦情が出る。】

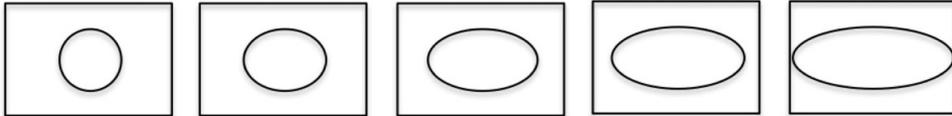
高等学校で「彗星」の指導をするために

高校の教科書では、彗星は太陽系の惑星・衛星以外の天体の一つとして紹介されています。彗星は太陽の周囲を細長い楕円軌道で公転し、本体は氷とダストからできており、大きさは直径数 km であること、太陽に近づくと、氷が昇華して気体となり「コマ」を形成することなどが扱われています。天文分野において実体験を伴った学習の機会はなかなかありません。非常に明るく輝くと予想され、肉眼でも観察できると期待されているアイソン彗星を授業で取り上げることで、より一層知識の定着を図ることができるでしょう。同時に、その他の天体を観察できる良い機会でもありますので、生徒を天文の世界に導いてみてはいかがでしょうか。

1. 授業展開

(1) 楕円軌道を実感する。

二本の割り箸と紐を使って、A3 程度の工作用紙に真円軌道から細長い楕円軌道まで描いて、紙芝居風に演示してみる。



<展開>

- 割り箸を立てた二つの位置が焦点であり、太陽はそのどちらかにある。
二つの焦点の真ん中が楕円の中心で、中心から軌道までの距離を測ると、楕円の長半径 a 、短半径 b から離心率 e が求まる。 $\rightarrow e = \sqrt{a^2 - b^2} / a$ 軌道上で太陽に最も近づくのが近日点、最も遠ざかるのが遠日点である。真円軌道は $e=0$ 、楕円軌道は $0 < e < 1$ 、放物線軌道は $e=1$ 、双曲線軌道は $e > 1$ である。アイソン彗星は $e = 1.000004$ である。
(活動) 理科年表を使って、周期彗星の近日点距離 q を調べてみよう。アイソン彗星は $q = 0.0125$ (au) である。
- 工作用紙を傾けて、軌道傾斜角 i を説明することもできる。
(活動) 理科年表を使って、周期彗星の軌道傾斜角 i を調べてみよう。アイソン彗星は $i = 61.9^\circ$ である。

<指導>

彗星は、遠日点が海王星軌道程度の数 10 天文単位の短周期彗星と、数万天文単位を越える長周期彗星がある。前者はエッジワース・カイパーベルト、後者はオ尔特雲が起源である。短周期彗星の軌道傾斜角は小さく、黄道面に沿っている。長周期彗星は様々な角度で黄道面を通り過ぎる。アイソン彗星は、 e と i の値からオ尔特雲起源と考えられる。

(2) 彗星核の特徴

教科書やインターネットなどから代表的な彗星の写真を複数提示し、それぞれの彗星の違い、あるいは共通する特徴を挙げさせる。 \rightarrow コマ、尾の形などに注目させるとよい。

<展開 1>

- 彗星それぞれの明るさは違うようだ \rightarrow 何等級だろう
- 明るさの違いは何によって起こるか \rightarrow (核)の大きさによる違い、距離による見かけの効果

<指導 1>

太陽に近づき、彗星核から蒸発する物質の量によって明るさが変わる。地球に近づくと明るく、大きく見える。アイソン彗星の核は平均的な彗星核の直径よりやや大きく 5km 程度、地球には 0.5 (au) 程度までしか近づかない。

<展開 2>

- 尾が 2 種類ある、違いはなんだろうか \rightarrow 尾の色は違うか
- 太陽に対して、尾はどのように伸びているだろうか \rightarrow 彗星の写真に太陽の方向を書き入れてみよう

<指導 2>

彗星の尾は、核から放出された物質からできている。尾の成分を調べると核の組成が推定できる。イオンの尾をつくる気体成分は彗星の氷、ダストの尾を作る成分は氷に閉じ込められていたダストである。氷の成分は H_2O 、 CO 、 CO_2 などである。ダストは地球の岩石似ているケイ酸塩鉱物である。イオン化した氷起源の分子は太陽風によって、反太陽方向に 100km/s 程度まで加速される。テイルの色は青 (CO)、赤 (H_2O) がある。ダストは μm サイズの小さいものだが、分子よりずっと重いので彗星軌道をたどるが、太陽の放射圧 (光の圧力) によって、少しずつ流されて広がった尾を作る。太陽光の反射で光るため、白色に近い黄色である。



分裂したシュヴァスマン・ヴァハマン第 3 彗星 (73P) の核 (NASA, ESA, JPL, STScI より)

2. 探究学習 「彗星の運動と明るさを調べよう」

- デジカメ (感度を高く設定し、三脚を用いて数秒の露出を行う)
 - \rightarrow 恒星との位置関係から、見かけの速度の変化。
 - \rightarrow 明るさの分かっている恒星と比較して明るさの変化。
- 双眼鏡 \rightarrow 彗星の「コマ」や「尾」の形、色の濃淡。
- 望遠鏡 \rightarrow コマの中の濃淡の構造 (ジェット構造)

彗星 Q&A

Q1 彗星は何でできているの？

彗星の本体は氷と砂粒（ダスト）でできた核です。水、二酸化炭素、一酸化炭素などの氷が混じっています。ダストは mm くらいのもので、その 1/1000 の μm くらいのもので、小さいものです。「汚れた氷のかたまり」と言われています。核の大きさは数百 m から 10km くらいです。

Q2 尾は何でできているのか、尾の長さはどれくらい？

二種類の尾があります。ひとつは、一酸化炭素(CO^+)や水蒸気(H_2O^+)のイオンの尾で、太陽と反対方向に伸びます。太陽のエネルギーを得て、自分から発光して青色や赤色に見えます。もうひとつは、ダスト(μm サイズ)の尾で、彗星の通り道(軌道)に沿うようにたなびきます。太陽の光を反射して黄白色に輝きます。長さは普通は数千万 km ですが、長いものでは 2 億 km 以上のものもありました。これは、地球と太陽との距離を越えています。

Q3 アイソン彗星はいつかまたもどって来る？

今までの観測から軌道を計算すると、二度と戻ってこないと考えられます。ただし、もう少し精密な観測ができること、地球と太陽との距離の 1 万倍(1.5 兆 km)以上遠くまで行って、100 万年後くらいに戻ってくるという結果になるかも知れません。

Q4 彗星はどのくらい太陽に近づくのか？ 飛び込んでしまうものはないの？

今までに太陽に近づいた彗星はたくさんあります。太陽の半径は約 70 万 km ですが、その表面 10 万 km くらいのところを、すれすれに通過したものもあります。また、近づき過ぎて太陽に飲み込まれてしまったり、バラバラに壊れてしまったりしたものもあります。アイソン彗星は、太陽の表面から 100 万 km くらい離れたところを通ります。非常に明るくなると期待されているのは、太陽に近づいて蒸発が盛んになると考えられているからです。

Q5 彗星が生命誕生に関わっているって本当？

そういう考え方をしている研究者もいます。生命はタンパク質からできていて、タンパク質はアミノ酸という化合物からできています。アミノ酸の種類はたくさんありますが、生命の基本となる特別なアミノ酸が、彗星から発見されたアミノ酸とよく似ているということです。

Q6 いつ、どこで見られる、何時頃どちらを見ればよい？

アイソン彗星が最も太陽に近づくのは 11 月の下旬です。12 月になると明け方の東の空に見えてきます。日本を含め、北半球で観測できます。夜が明ける前、暗いうちから東の空に注目しましょう。12 月中旬になると急速に暗くなると予想されています。

Q7 観察に適した場所は？望遠鏡は必要？

東の地平線まで見渡せる、暗い場所が理想です。街灯が多く明るい空だと、長い尾は見にくくなります。大きな望遠鏡より双眼鏡がおすすめです。なるべく倍率が低くてレンズの大きな双眼鏡がいいです。

Q8 写真に撮れる？どんなカメラがあればいい？

人間の眼で見えなくても、デジカメでは簡単に写ります。スマホでも撮れるかもしれませんが、必要なのは、カメラがブレないように三脚を用意することです。明るいレンズ、感度を高く設定して、1 秒から 10 秒くらいの露出時間にします。

Q9 彗星の名前は どうやってつけるのか、アイソンは人の名前？

アイソン彗星の正式な名前は、“C/2012 S1 ISON”です。“C/”は新しく発見された彗星、“2012”は発見された年、“S1”は 9 月後半に発見された 1 番目の彗星を意味します。そして、その後に発見者の名前が 3 名までつけられます。しかし、“ISON”は発見者の名前ではありません。国際科学光学ネットワーク(International Scientific Optical Network, ISON) のプロジェクトにより発見されたので、ISON となっています。この春に話題になったパスターズ彗星も、Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System(Pan-STARRS)というプロジェクトで発見されました。