

高黄緯領域における大質量 太陽系外縁天体の探査

寺居 剛¹

佐伯 真季¹

Patryk S. Lykawka²

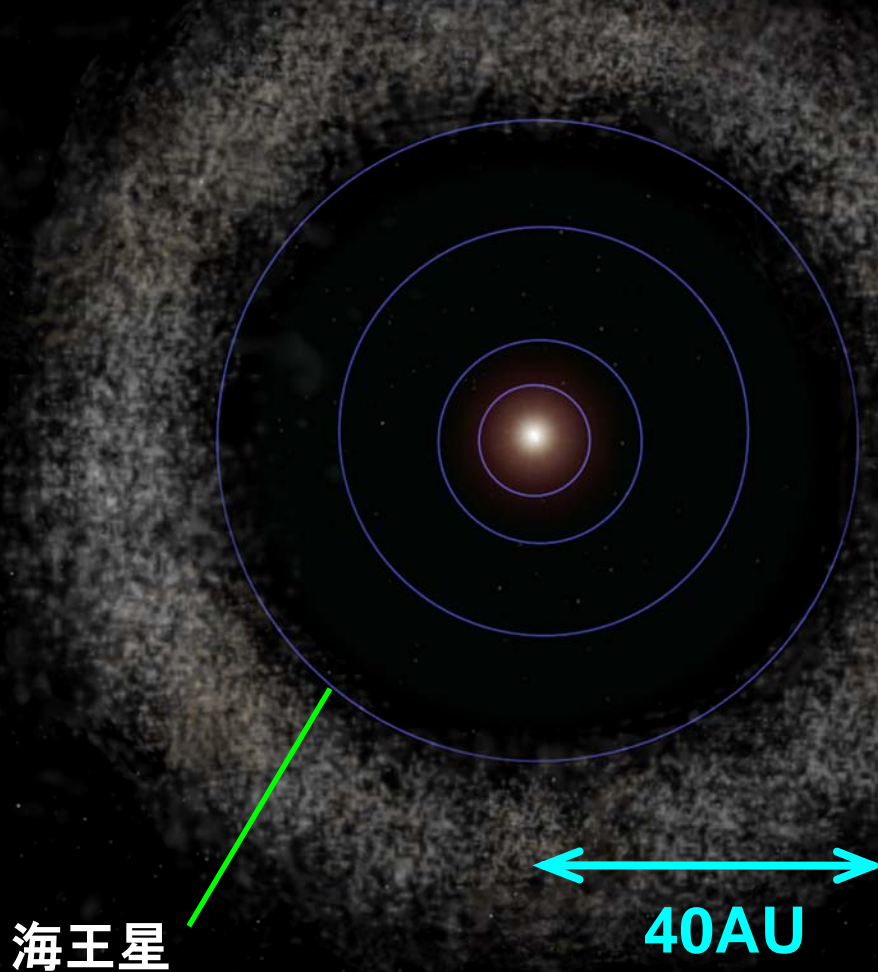
伊藤 洋一¹

向井 正¹

¹神戸大学, ²近畿大学

太陽系外縁天体

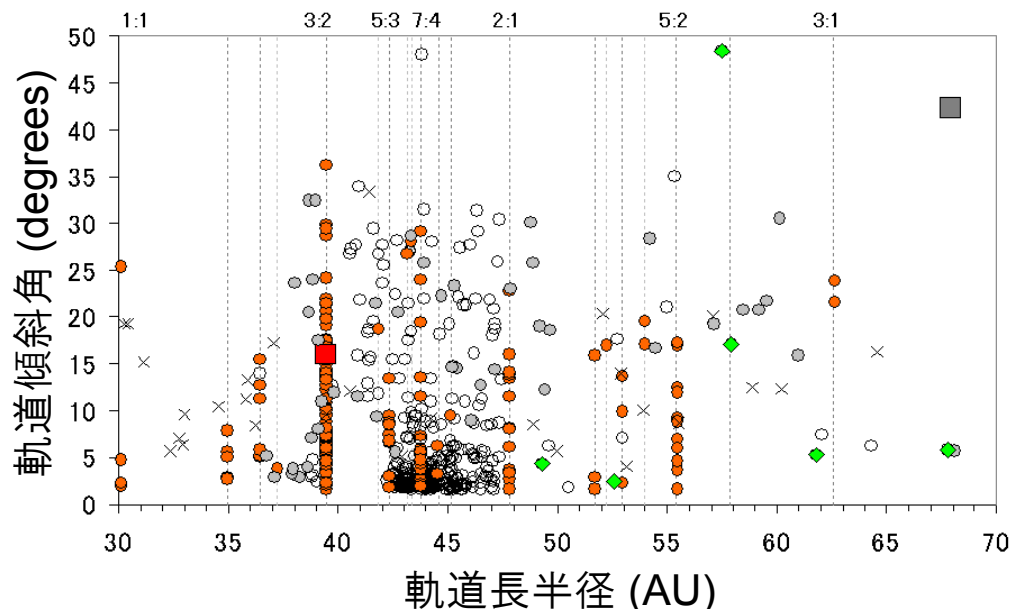
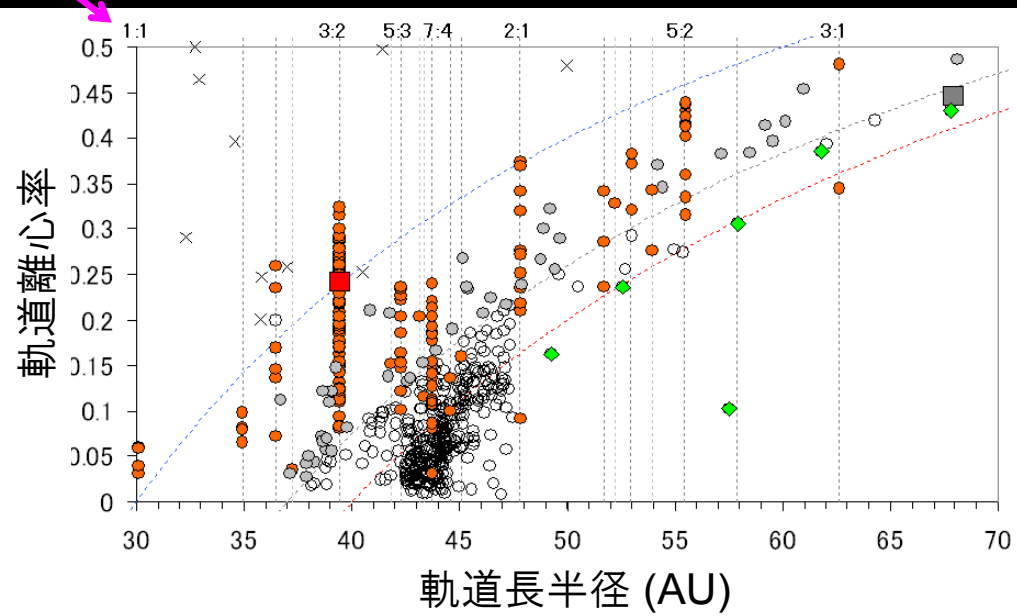
カイパーベルト



- 海王星軌道以遠に帯状に分布する小天体群
- 現在までに1100個以上が発見されている
- 主に氷でできている
- 原始惑星系円盤中に存在した微惑星の生き残り

軌道分布

海王星との周期比



- ・海王星の重力摂動による軌道進化を経験
- ・力学的な特徴から、以下の4グループに分類される
(Lykawka & Mukai 2007)

① 共鳴(resonant)天体

海王星と平均運動共鳴にある軌道

② 古典的(classical)天体

軌道長半径が37AU - 48AUで、海王星との共鳴関係にない軌道

③ 散乱(scattered)天体

海王星により重力散乱された天体
近日点 < 37AU - 40AU

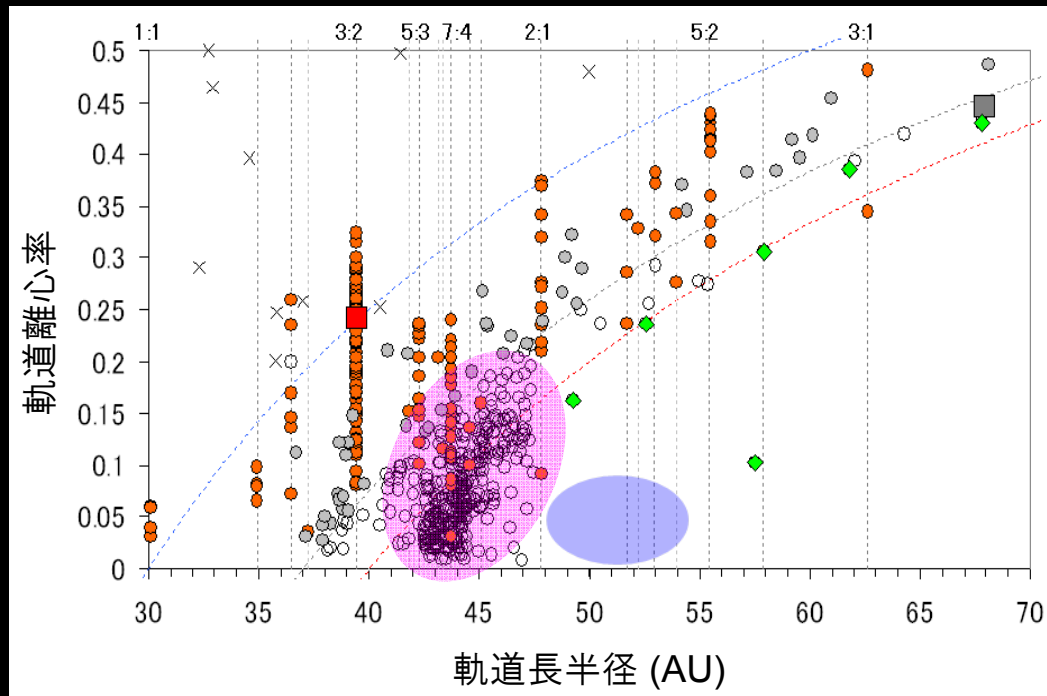
④ 非接近(detached)天体

海王星に接近しない安定した軌道
長半径 > 48AU, 近日点 > 40AU

軌道分布に関する謎

- 大きな軌道離心率・傾斜角をもつ**古典的天体**が多数存在する
- **48AU以遠**では円に近い軌道を持つ天体が全く発見されていない
- 近日点が海王星から大きく離れているにもかかわらず、離心率や傾斜角が大きな**非接近天体**が存在

→ 従来の微惑星集積モデルだけでは説明できない



“惑星X”モデル

太陽系外縁天体の軌道分布の特徴を説明するため、
海王星軌道の外側に惑星サイズ天体の存在を仮定



太陽系外縁天体群の軌道進化の数値シミュレーションを
惑星系が生まれてからの40億年にわたって実行



軌道長半径	100 - 175 AU
近日点距離	> 80 AU
軌道傾斜角	20° - 40°
質量	0.3 - 0.7 M_{\oplus}

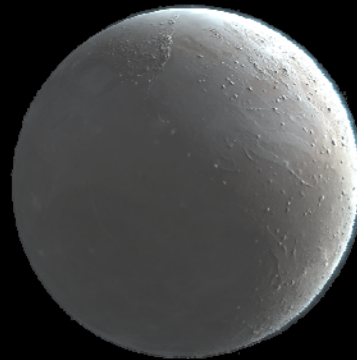
(Lykawka & Mukai 2008)

“惑星X”の姿

エリス



冥王星

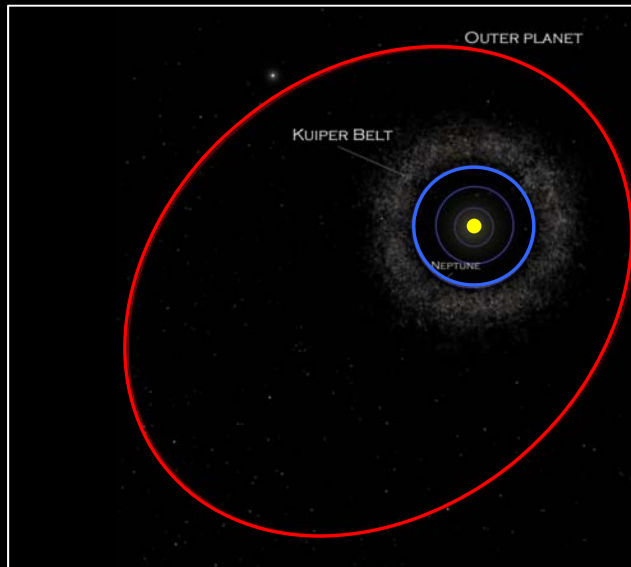


“惑星X”

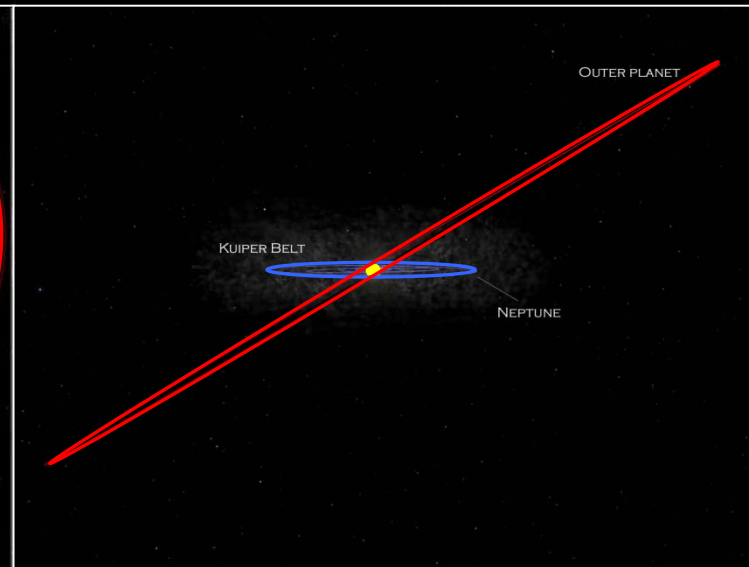


地球

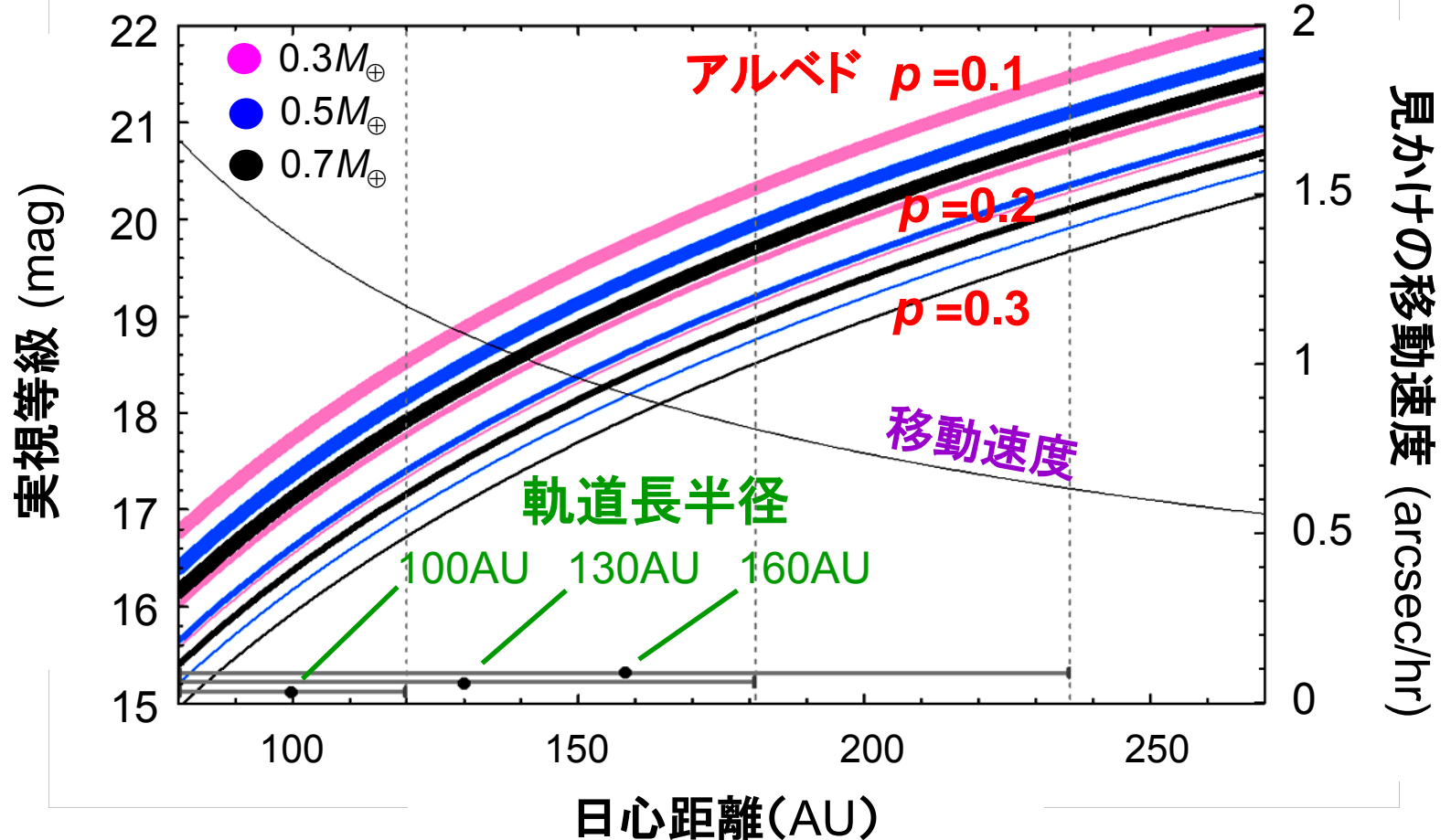
黄道面を上から見た図



黄道面を横から見た図



“惑星X”の明るさ



木曾シュミットでも十分に検出可能！

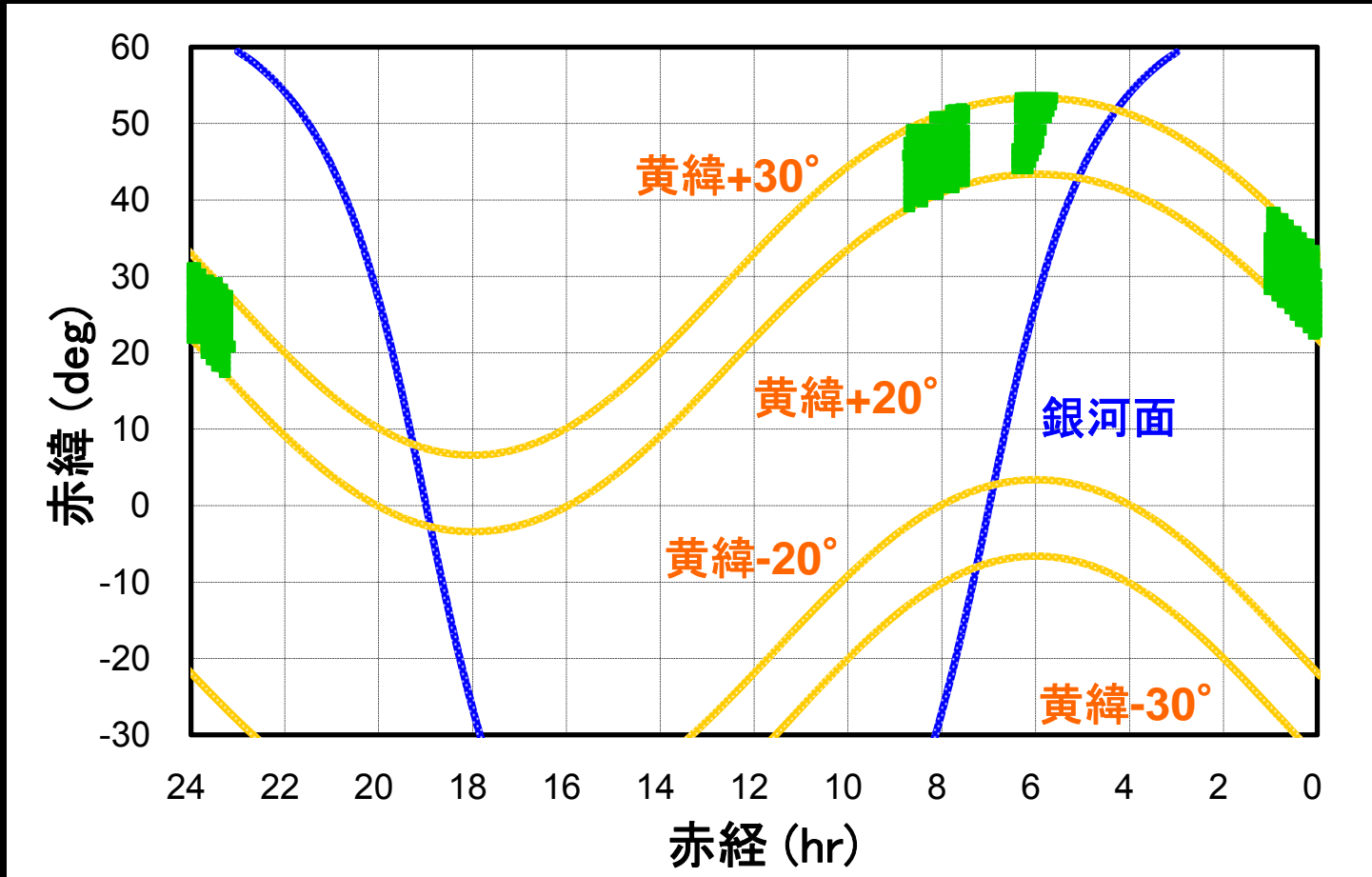
サーベイ戦略

- ・ 軌道傾斜角が大きい (20° – 40°)
 - 高黄緯領域(黄緯 20° – 30°)を集中的に観測
- ・ 軌道上のどこにいるかはわからない(黄経は絞れない)
 - サーベイ領域はおよそ $10^{\circ} \times 360^{\circ} = 3,600$ 平方度
- ・ 移動速度が非常に遅い ($0.7 - 1.5$ arcsec/hr)
 - 同じ領域を数4、5時間もしくは翌日に撮像

- ・ Vバンドで1分露出
- ・ 同じ領域を十分に時間をおいて2回撮像

観測領域

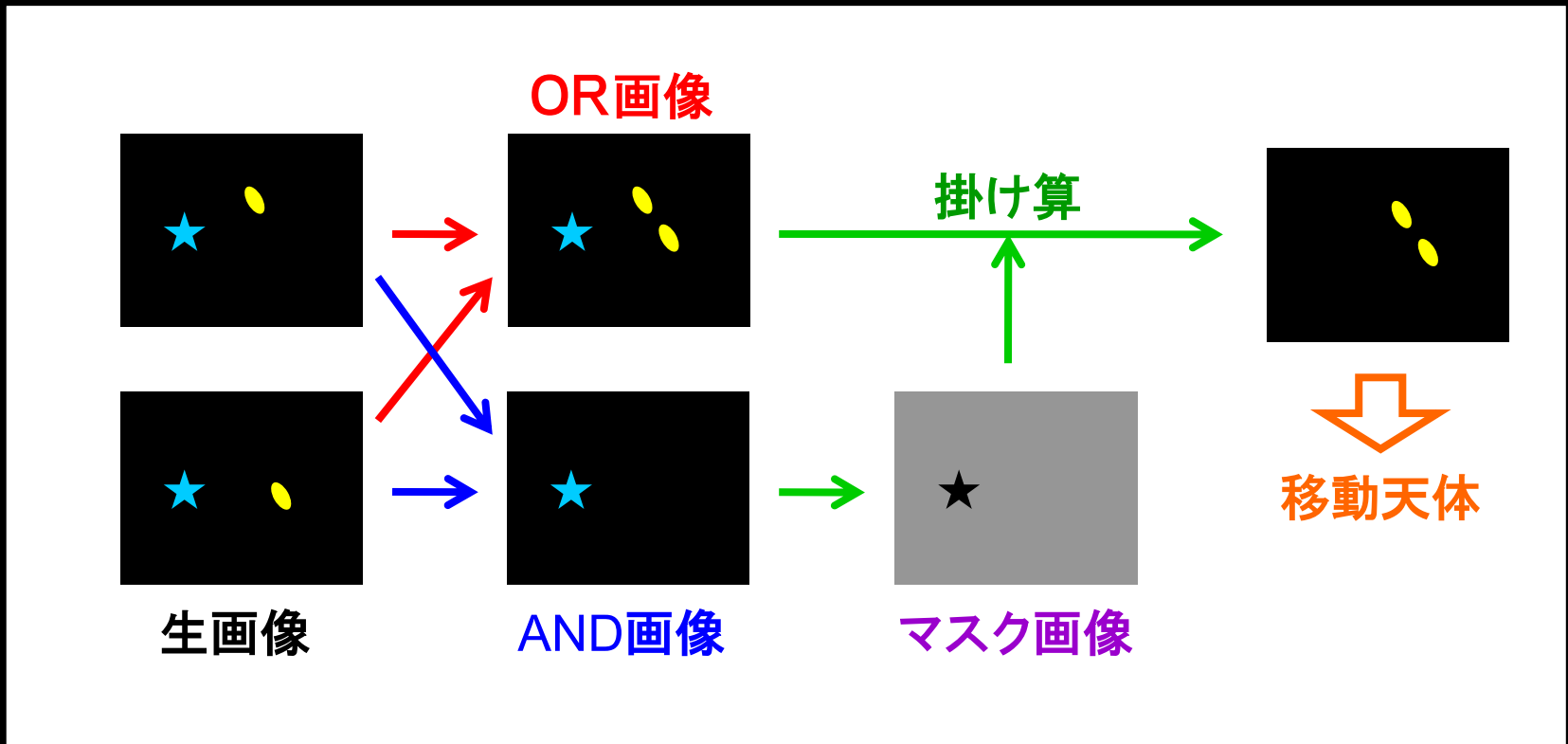
観測日： 2009年9月18 - 25日、10月11 - 18日、12月17 - 22日
2010年1月17 - 24日



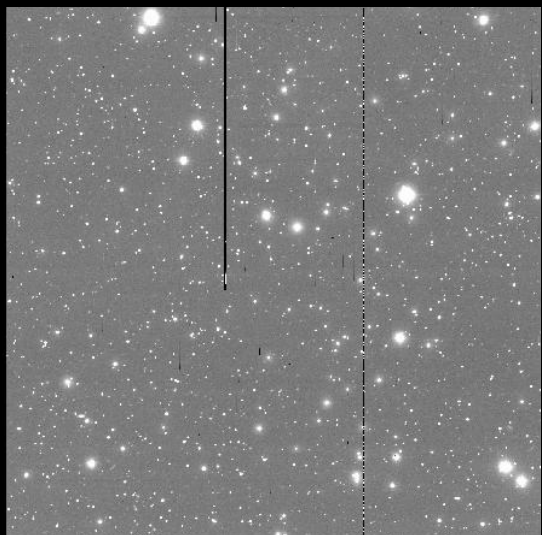
→ 726領域(約500平方度)のデータを取得

検出方法

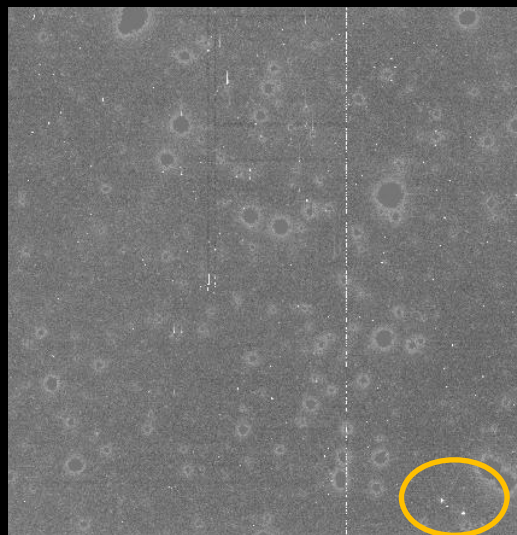
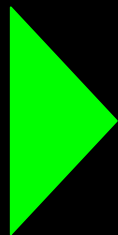
- 1領域につき2枚の画像のみから移動天体を効率的に検出する手法を確立



検出した移動天体



生画像



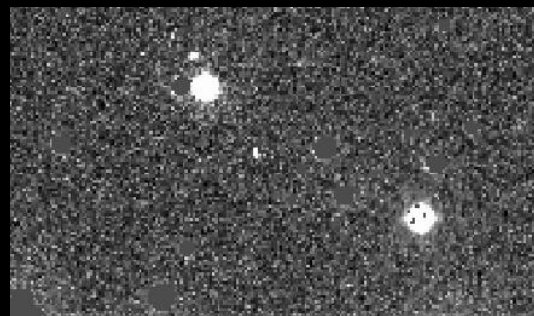
画像処理後



57領域から移動天体26個を検出



全て既知の小惑星



790 Pretoria

KWFCの皮算用

2009年度 2kCCD (0.7 deg²) → 500 deg²

20XX年度 KWFC (4 deg²) → 2860 deg²

3360 deg²

KWFCなら1年でサーベイ完了！

付録：メディアの反応

これまでに新聞・テレビ局
数社から取材を受けました

※木曾観測所のご紹介も
しっかりといたしております

産経新聞 (2010年7月5日)

Science

惑星X 理論予測から探査へ

「惑星X」は、海王星のはるか外側を周回しているとされる惑星サイズの未知の天体だ。神戸大学の向井正名教授らが2008年、理論計算から「存在する可能性が高い」と発表した。実際に見つかれば、太陽系第9惑星の有力候補となる。天文学史に刻まれる大発見を目指して、神戸大の観測グループは昨年秋から、本格的に惑星Xの探査を始めた。(中本哲也)

海王星の軌道を上から見た軌道

高道高を横から見た軌道

惑星Xの想像図。右上は太陽 (フェルナンド・タンブレア氏、神戸大提供)

シユミット望遠鏡
シユミット望遠鏡の広い視野は惑星Xの探査に適している

神戸大の観測グループ

伊藤 英樹 教授
向井 正名 教授
木曾 龍一 先生

太陽系第9惑星の有力候補 神戸大が昨秋から本格探査

■広い視野

神戸大の伊藤英樹教授らの観測グループは、惑星Xの探査拠点として東京大学天文学教育センター・木曾観測所(長野県木曾町)を選んだ。昨年の秋冬に通常で1カ月ほど観測を行った向井正名さん(大学院博士課程)は「惑星Xを捉えられるには、木曾観測所のシユミット望遠鏡が最適」だと説明する。

理論予測では、惑星Xの大きさは地球と同程度で、質量は地球の0.310~7倍とされる。明るさは15~21等と予測され、口径13メートルの望遠鏡で発見可能。ただし、大

■理論予測

1846年に見つかった海王星は理論予測が奇蹟的に成功した成功例だ。向井正名教授らの理論予測の方法は、天王星の軌道のよそよそさから海王星の存在を導いた19世紀の手法に似ている。天王星に相当するのは、「カイパーベルト」と呼ばれる海王星の外側の領域で見つかった多数の天体だ。向井正名教授は「フランス人研究員のバトリック・ソッフア・リカフィカさん(現近畿大学助教授)と共に、100億歳を超すカイパーベルトの小天体の軌道を解析し、複雑な軌道分布を説明するために惑星Xの存在を仮定。膨大なシミュレーションに基づいて「精度の高い仮説」を導いた。

「惑星X」を導いた天王星の発見(1781年)も、きっかけは理論予測だ。「海王星の外側にも惑星が存在する」と予測した米国の天文学者、ローウェルは、未知の惑星を「惑星X」と呼んだ。ところが、理論計算が間違っていたことが後に判明。その後、向井正名教授らが発見したのは、奇蹟的な偶然だった。

■ライバル

惑星Xの発見を目指しているのは、神戸大の観測グループだけではない。米国、台湾

天王星の軌道は地球や木星などの軌道(楕円軌道)から20~40度と傾き、20に位置しているのは特定できない。このため、探査には広い視野が必要とされる。

木曾観測所のシユミット望遠鏡は口径10.5mで、一度に観測できる範囲は50分×50分角、視野の広さを誇る国立天文台のすばる望遠鏡の1/10(1分角×14分×27分角)を大きく上回る。向井さんは「天体を詳しく調べる性能では劣るが、見つければならぬはずの望遠鏡よりもシユミットの方が有利」と解説する。

また、惑星Xは地球に対する相対速度が速いので観測の回数が減ってしまう。動かないとすれば、長期観測が必要だが、長期観測は観測できる本数も求められる。木曾観測所は、この条件も満たしている。

天王星は理論予測が奇蹟的に成功した成功例だ。向井正名教授らの理論予測の方法は、天王星の軌道のよそよそさから海王星の存在を導いた19世紀の手法に似ている。天王星に相当するのは、「カイパーベルト」と呼ばれる海王星の外側の領域で見つかった多数の天体だ。向井正名教授は「フランス人研究員のバトリック・ソッフア・リカフィカさん(現近畿大学助教授)と共に、100億歳を超すカイパーベルトの小天体の軌道を解析し、複雑な軌道分布を説明するために惑星Xの存在を仮定。膨大なシミュレーションに基づいて「精度の高い仮説」を導いた。

「惑星X」を導いた天王星の発見(1781年)も、きっかけは理論予測だ。「海王星の外側にも惑星が存在する」と予測した米国の天文学者、ローウェルは、未知の惑星を「惑星X」と呼んだ。ところが、理論計算が間違っていたことが後に判明。その後、向井正名教授らが発見したのは、奇蹟的な偶然だった。

惑星Xの発見を目指しているのは、神戸大の観測グループだけではない。米国、台湾

	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	惑星X
軌道長半径(天文単位)	0.3871	0.7233	1.0000	1.5237	5.2026	9.5349	19.2184	30.1104	100~175
質量(地球=1)	0.05527	0.8150	1.0000	0.1074	317.83	95.16	14.54	17.15	0.3~0.7

※国際天文学連合の資料と種科年表から作成 (1天文単位は約1.5億km) フラフィック / 佐藤哲子