

Deloitte.

デロイト トーマツ



Tomo-e Gozen NEOサーベイデータを活用した スペースデブリのカタログ化

Space Debris Monitoring using Tomo-e Gozen's NEO Survey Data

Kazuma Mitsuda (Deloitte Tohmatsu Risk Advisory)

木曾シュミットシンポジウム, 20240515

MAKING AN
IMPACT THAT
MATTERS

since 1845

Tomo-e GozenのNEOサーベイデータを用いてスペースデブリなどの人工天体をカタログ化する取り組みを行っています

Outline



Introduction: 自己紹介

担当者はデータサイエンティストとしてコンサルティング業務に従事しながら、スペースデブリ監視の産学共同研究やサービス開発を行っています

担当者の経歴: 1/2



満田 和真 (みつだ かずま)

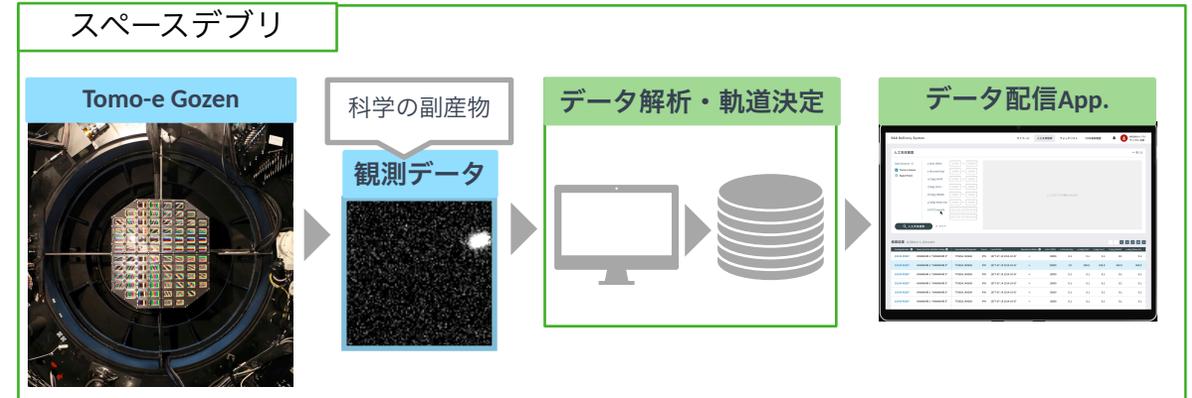
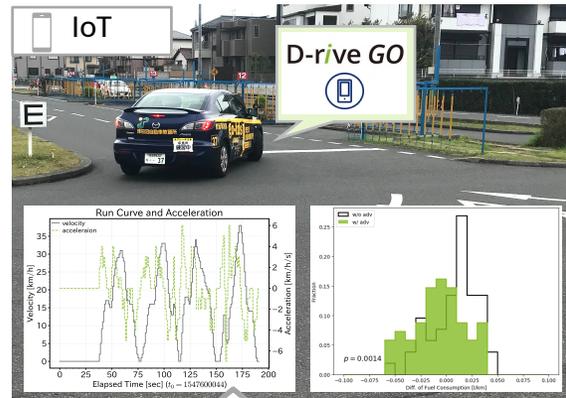
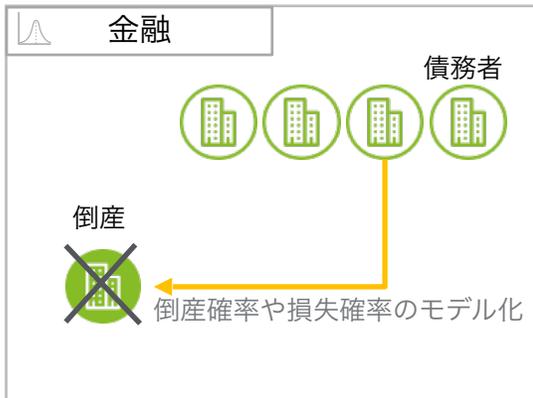
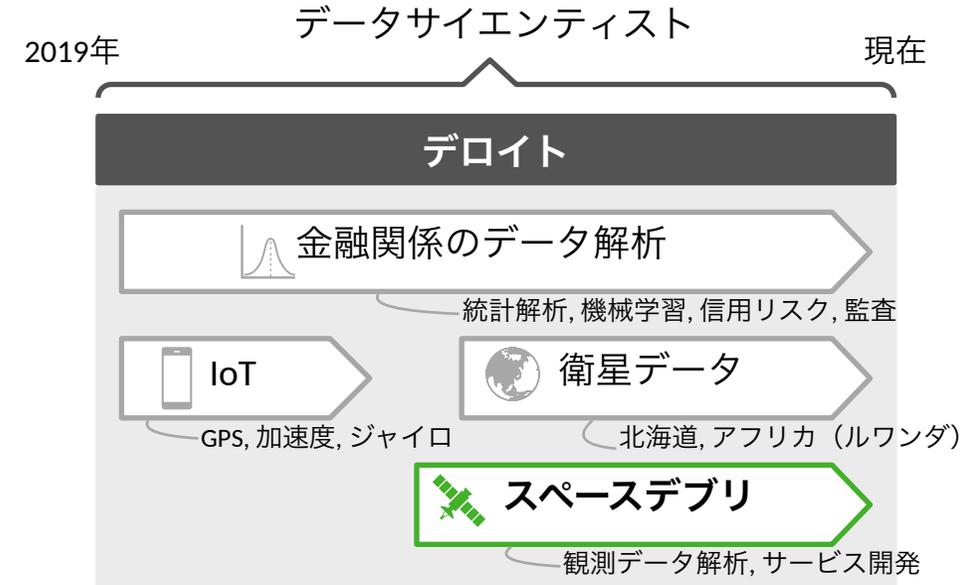
博士 (理)

デロイトトーマツリスクアドバイザリー合同会社/監査法人トーマツ
リスクアドバイザリー事業本部 新規事業推進 マネージャー

Tel: 070-1288-4943

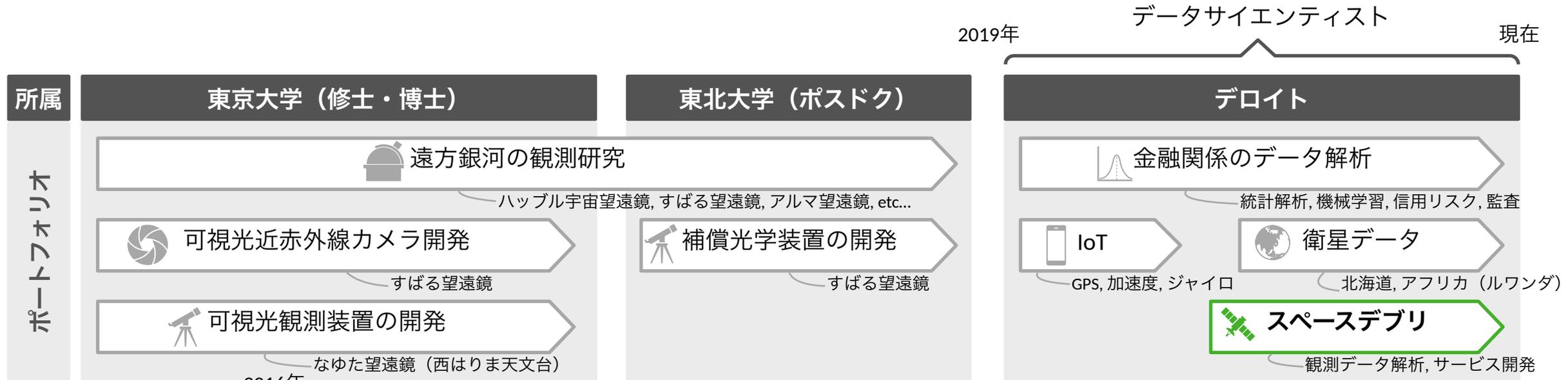
Email: kazuma.mitsuda@tohmatu.co.jp

経歴: 国立大学の理系大学院の博士研究員を経てデロイトトーマツ入社。博士研究員時代には天文学の研究に従事し、画像解析、データ解析を中心とした科学研究およびハード・ソフトウェアの開発研究を実施。デロイトトーマツ入社後はIoTデバイスのデータ解析、自動車の燃料消費モデルの研究開発、スペースデブリに関する研究開発、信用リスク関連の統計モデルの構築・評価、衛星データ利活用に関する業務など、物理学や統計学、プログラミングを活用したデータ解析関連業務に従事。博士 (理学)。



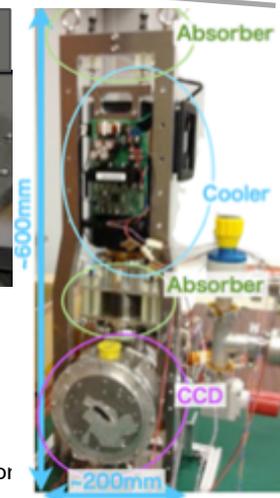
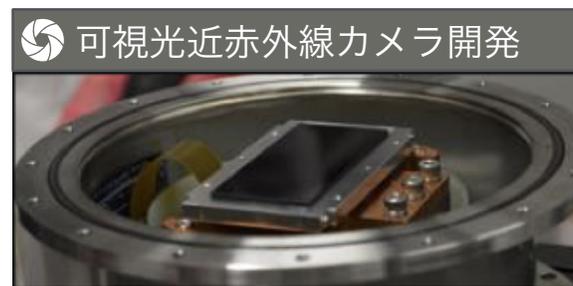
学生・ポスドク時代には遠方銀河の観測研究や可視光近赤外線観測装置の開発に関わっていました。Tomo-e Gozenの試験観測にも少しだけ関わりました

担当者の経歴: 2/2



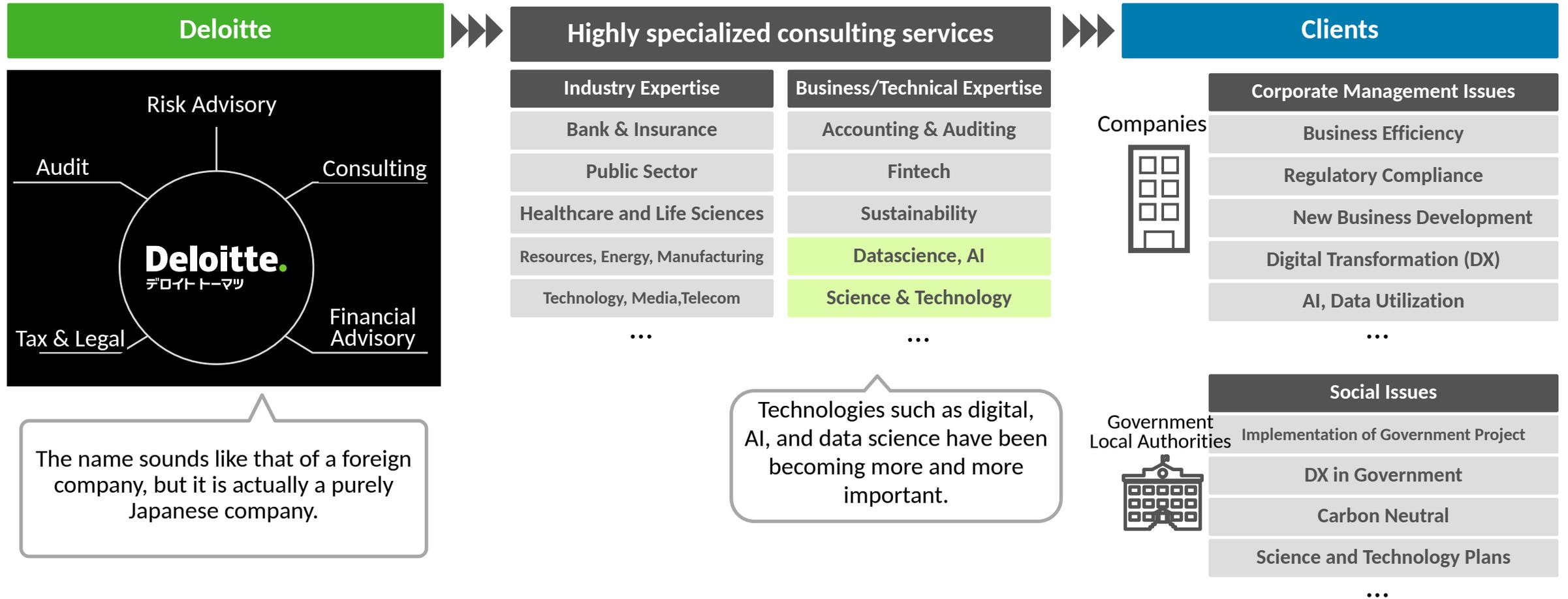
2016年
Tomo-e Gozenプロトタイプ
試験観測

Tomo-e Gozenプロトタイプの試験観測にお邪魔していたことが今に繋がっています



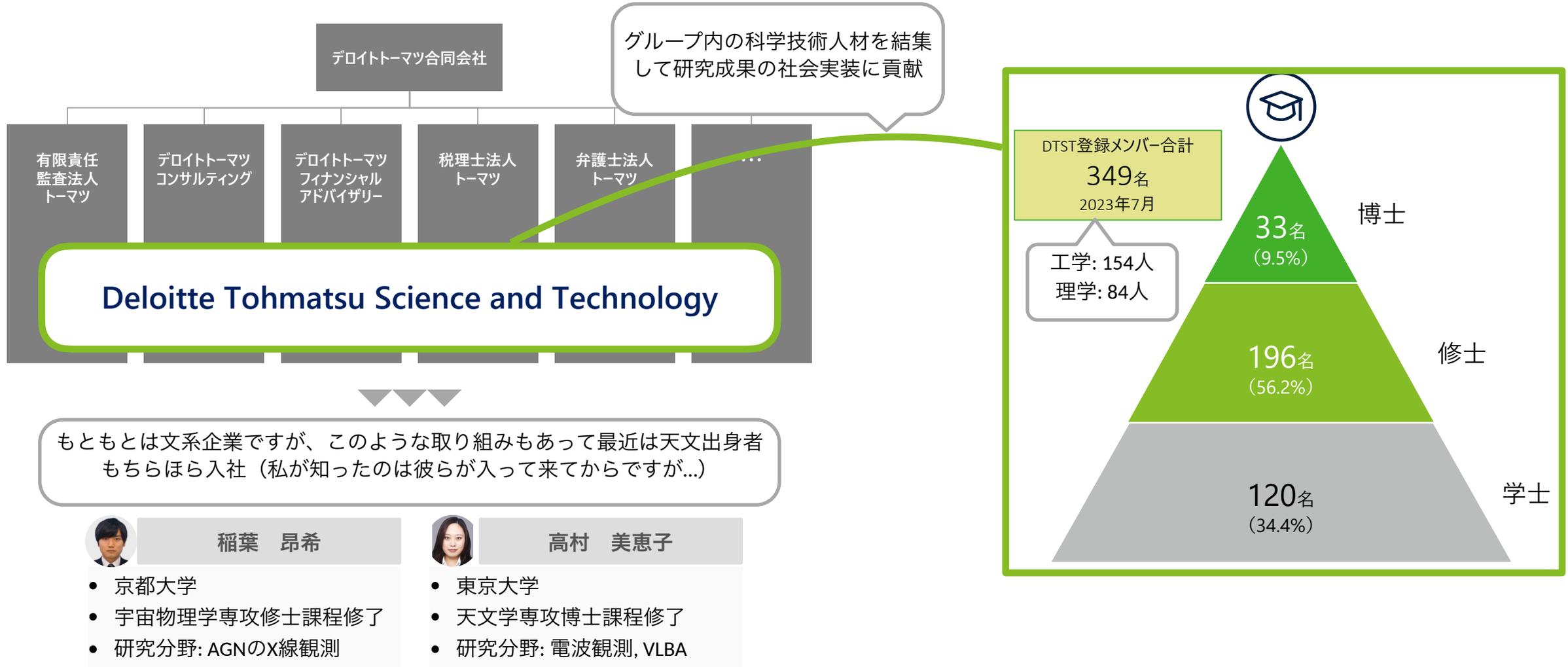
Deloitte Japan provides professional services to various clients including private companies and government to solving corporate management and social issues

Company Overview: Deloitte Japan (1/2)



科学技術領域の研究成果の社会実装を支援するために、グループ横断のバーチャル組織「デロイト トーマツ サイエンス アンド テクノロジー」 (DTST) も運営されています

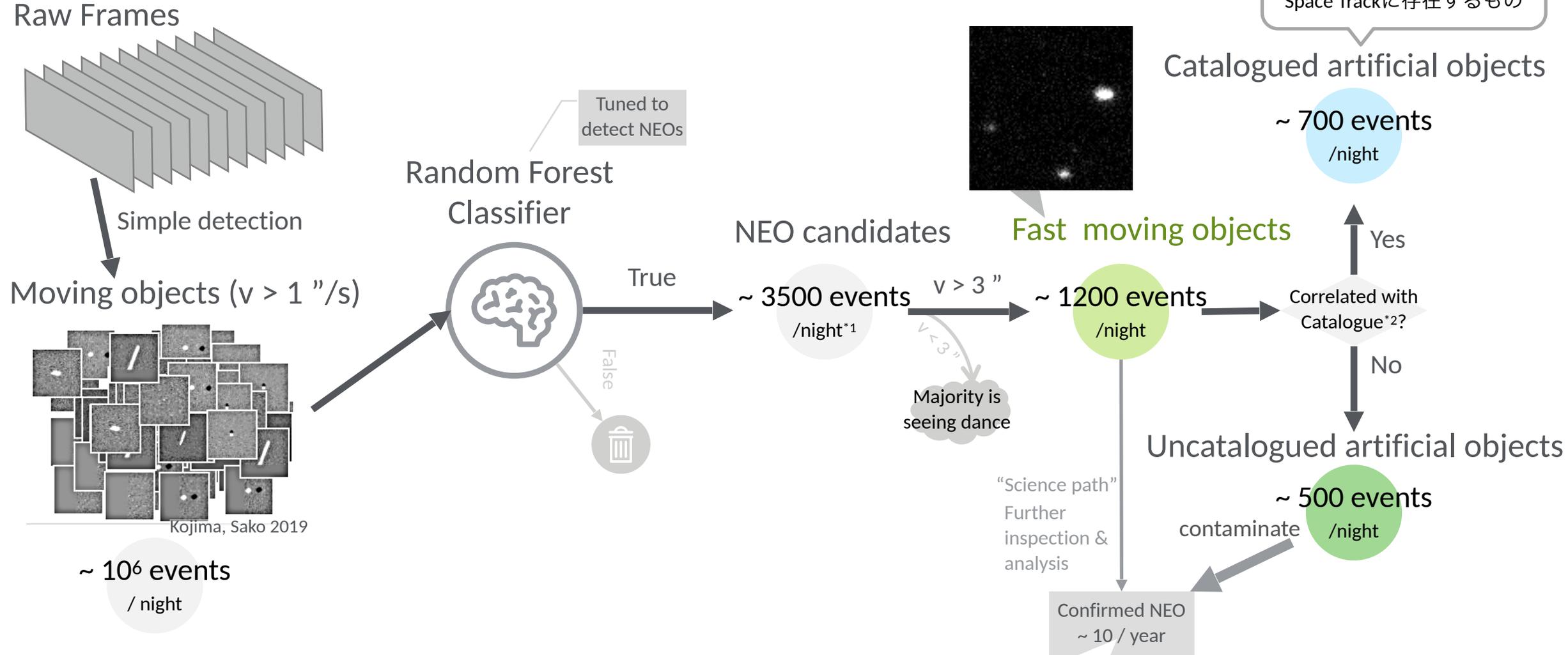
会社紹介: 科学技術人材のバーチャル組織 Deloitte Tohmatsu Science and Technology (2/2)



Background: スペースデブリ問題

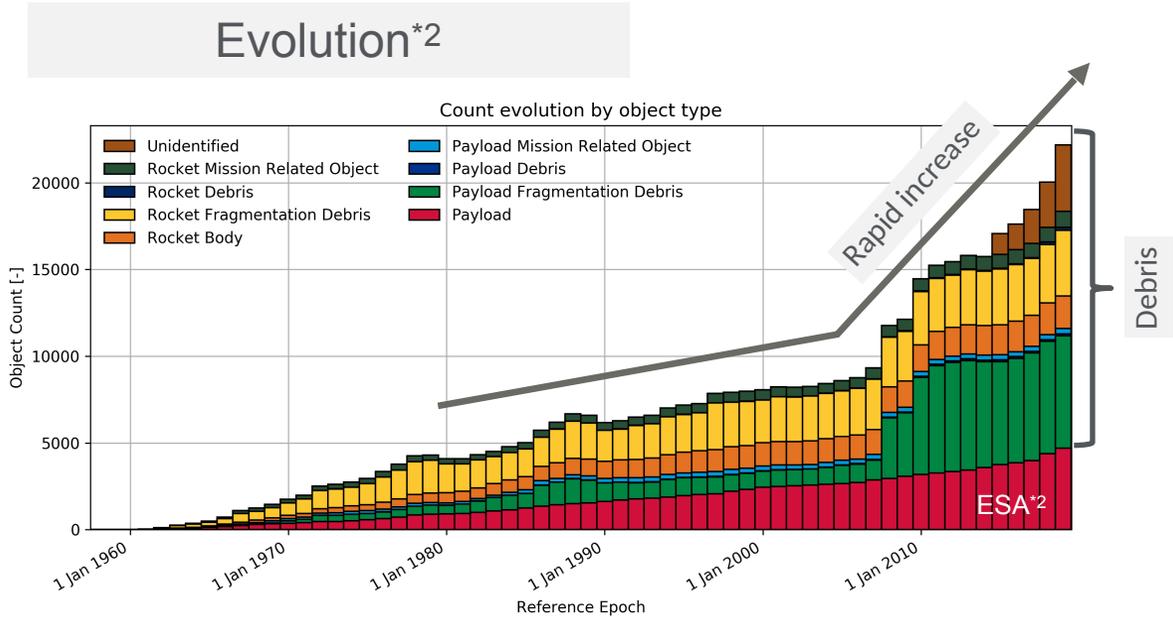
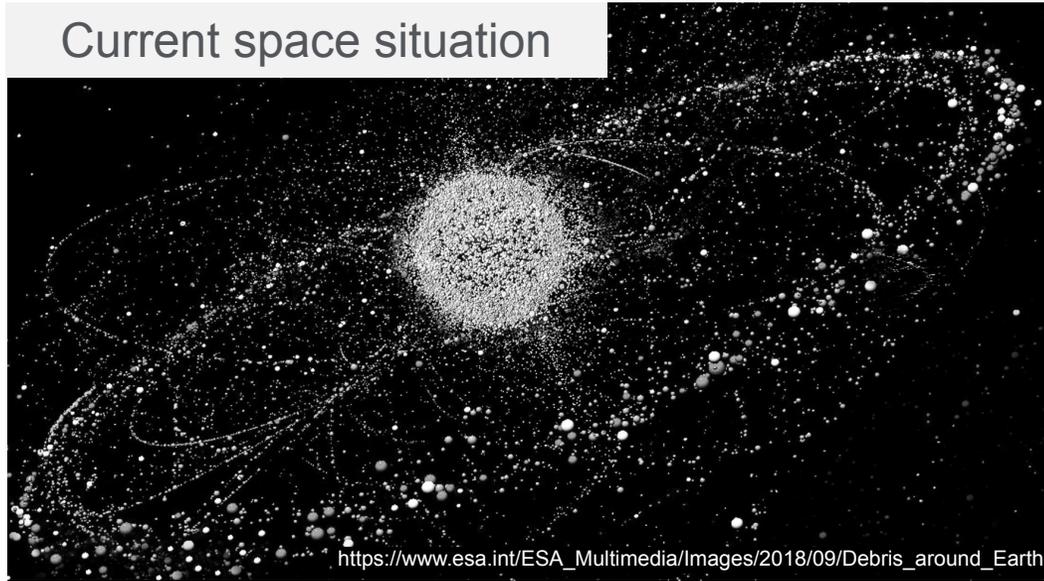
Tomo-e Gozenにとってのスペースデブリ問題として、未カタログの人工天体がコンタミネーションとして地球近接天体(NEO)の検出効率が起きている

NEO Detection Algorithm and Artificial Objects in Tomo-e Gozen's Observation



社会にとってのスペースデブリ問題として、スペースデブリの増大が宇宙空間の利 活用に大きなリスクをもたらしている

スペースデブリの現状



Estimated number of debris*2		36,500
	> 10 cm	
		1,000,000
	1 -- 10 cm	
		130 million
	< 1 cm	

Space debris can be a significant risk in the future

*2: https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers ; *2: ESA: http://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/About_space_debris

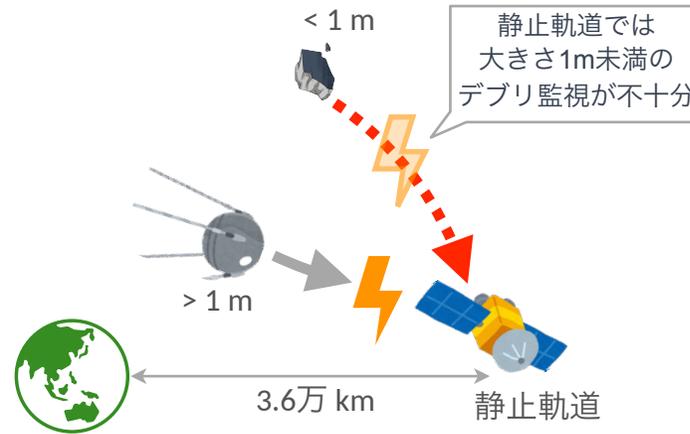
宇宙ビジネスにおいて既に、スペースデブリカタログの網羅性や精度の不足のため、デブリ衝突のリスクや回避運用に伴う機会損失が発生しています

顕在化している課題

宇宙関連事業者*1の課題

1. 網羅性不足に起因する問題

静止軌道以遠のスペースデブリデータの網羅性が低いため、静止衛星や準天頂衛星といった高価な衛星において、スペースデブリとの衝突リスクを正確に把握できておらず、万が一のときにも適切に衝突回避を行うことが難しい。



網羅性と精度が不足する要因



電波レーダーへの依存

弱点

高軌道の観測が困難
位置決定精度が低い



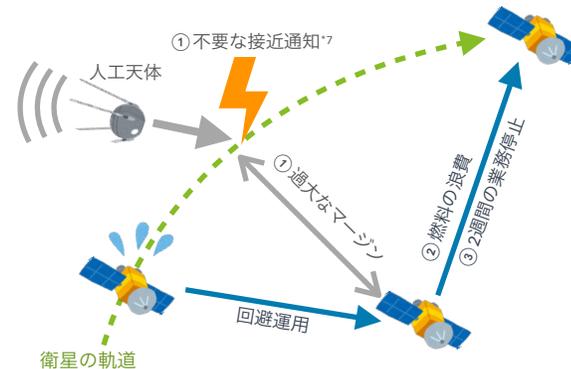
旧来の光学観測の限界

弱点

小口径の望遠鏡 < 40 cm
視野が小さい < 2 deg²
軌道の仮定が必要 (静止軌道等)

2. 精度不足に起因する問題

人工衛星はスペースデブリ等の人工天体との衝突を避けるために回避運用を行っている。現状、スペースデブリデータの精度が低い*4ため、①本来不要な回避運用、②燃料の浪費*5、③回避中の業務停止*6による収益機会の損失といった問題が発生している。



大口径で視野が広い装置による光学観測 + 軌道を仮定しない解析手法によって解決可能

*1: ここでは特に衛星オペレータを想定; *4: 10 km程度; *5: 燃料を使い果たすとミッションを継続できないため人工衛星の寿命が短縮される; *6: 元の軌道に戻るまで2週間程度を要する; *7: Conjunction Data Message (CDM)

東京大学とデロイトは2020年から産学共同研究を推進し、科学観測データを活用して宇宙ゴミを把握・監視し、宇宙の持続可能な開発に寄与する取り組みを実施しています

東京大学とデロイトの共同研究



東京大学



酒向 重行 准教授

- 東京大学大学院理学系研究科天文学専攻
- トモエゴゼン計画研究代表者

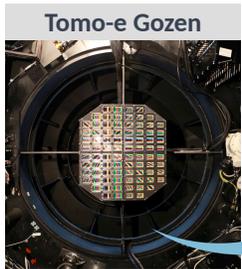


デロイト



満田 和真

- デロイトトーマツリスクアドバイザー合同会社
新規事業推進 マネージャー
- データサイエンティスト/観測天文学者/博士（理）



天文学の研究対象ではない宇宙ゴミの観測データを提供

獲得価値

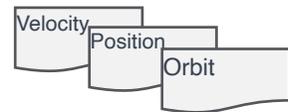
- データ利活用範囲の拡大
- コンタミ除去による科学的成果の拡大

観測データ提供

結果/知見を提供

天文学データの解析に精通するデータサイエンティストが観測データを分析し、宇宙ゴミの軌道データを作成

宇宙ゴミの軌道データ



獲得価値

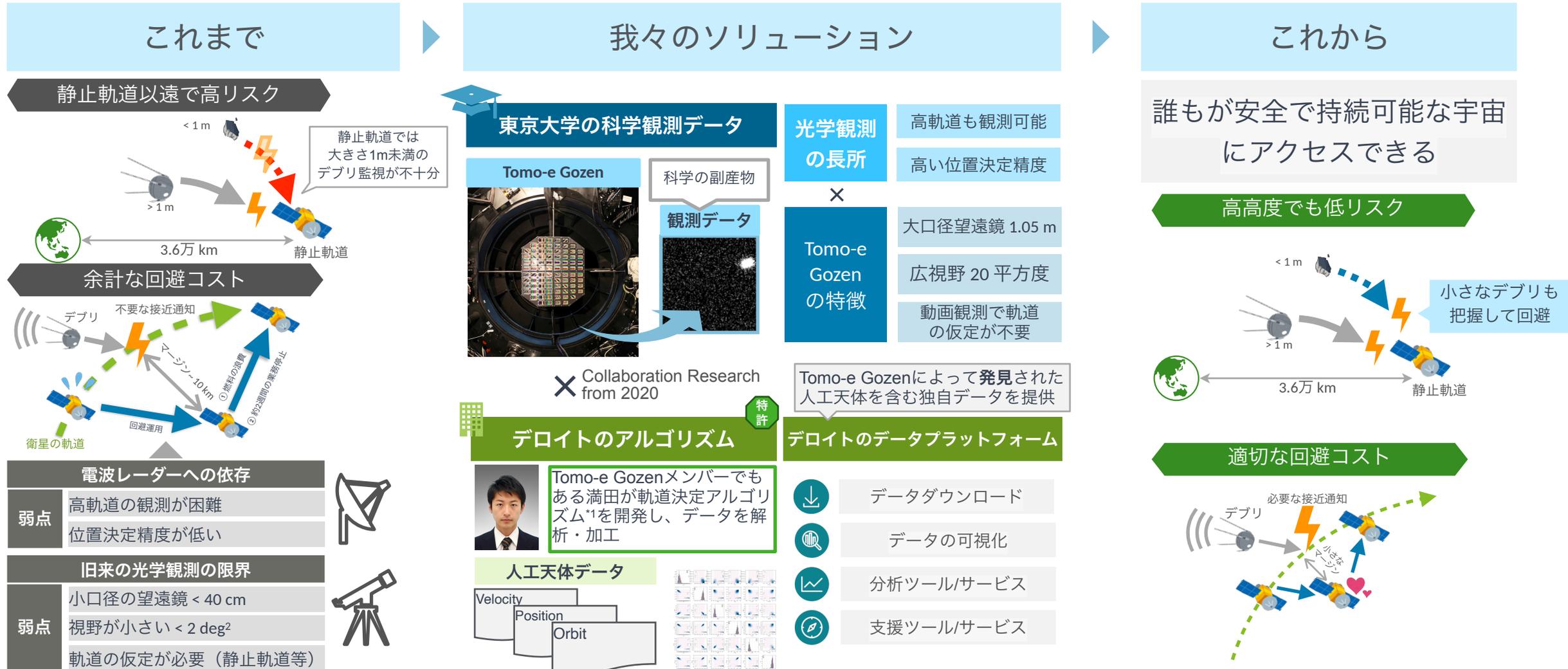
宇宙の持続可能な開発に資する、宇宙ゴミの把握・監視サービスの開発・提供

本産学共同研究の成果

- 満田, 酒向, 他, “東京大学木曾観測所モザイクCMOSカメラ「トモエゴゼン」による人工天体の検出効率と性質について”, 第9回スペースデブリワークショップ, JAXA, 2020年12月, [Link](#)
- 満田, 酒向, 他, “Tomo-e Gozenによるスペースデブリの検出効率と性質について”, 木曾シュミットシンポジウム, 東京大学, 2021年11月, [Link](#)
- 満田, 酒向, 他, “Tomo-e Gozenによるスペースデブリの検出について”, 2021年度プラネタリーディフェンスシンポジウム, 東京大学, 2022年3月, [Link](#)
- 満田, 他, “東京大学「トモエゴゼン」の科学観測データを活用した民間宇宙状況監視データプラットフォームの取り組みについて”, 第10回スペースデブリワークショップ, JAXA, 2022年11月, [Link](#)
- 満田, “移動天体検出へのSeeing Danceの影響”, 木曾シュミットシンポジウム, 東京大学, 2023年5月, [Link](#)

東京大学とデロイトの産学共同研究を基に、網羅性と精度の高い人工天体の独自データを作成し、提供するサービスによって課題を解決します

我々の解決策

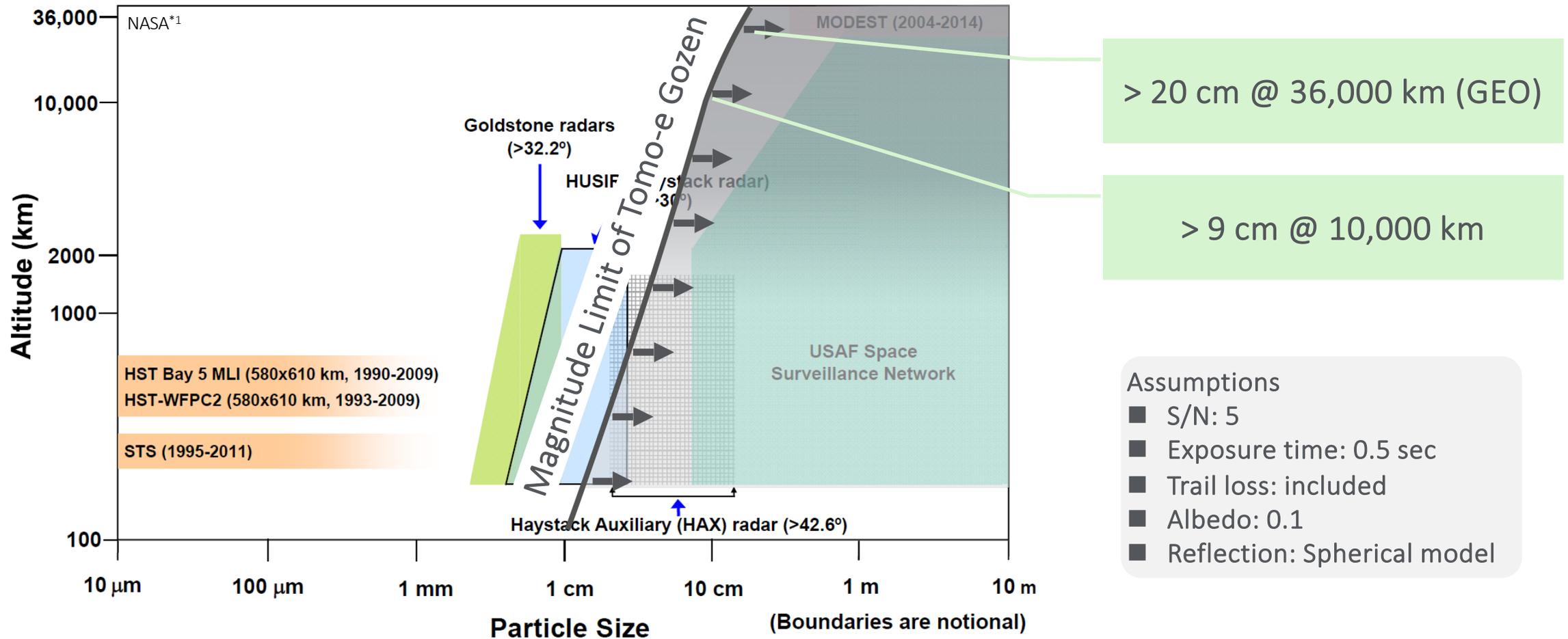


*1: 特許出願済
13 Tomo-e Gozenデータを用いたスペースデブリのカタログ化

Data: Tomo-e Gozenの人工天体検出能力

Tomo-e Gozenにより、現在公開されているカタログに比べて小さなスペースデブリの検出が可能。検出限界は静止軌道で20 cm、低軌道で3 cm程度に相当する

Tomo-e Gozenによる網羅性の向上 (シミュレーション)



*1: NASA <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/measurements/>

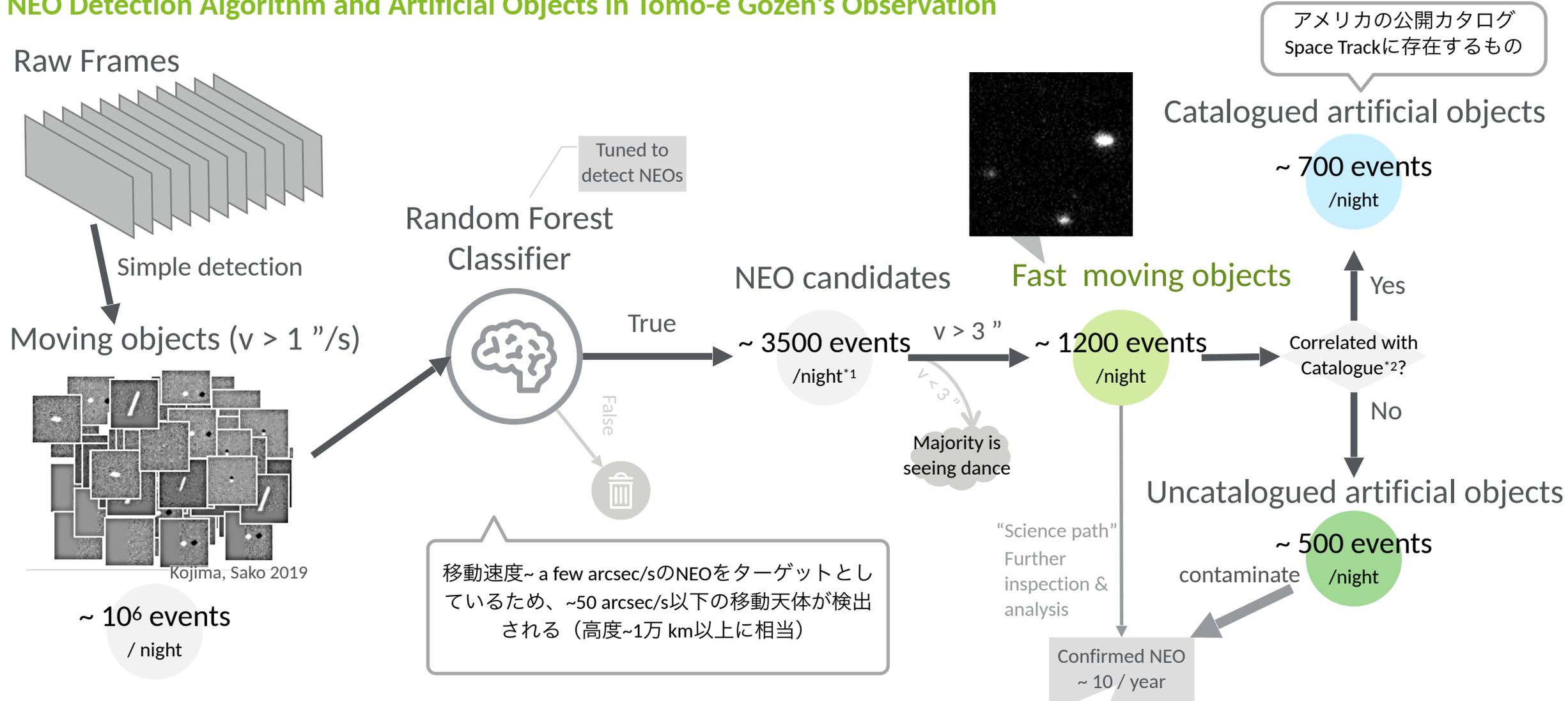
木曾観測所から観測可能な範囲は、静止軌道帯においてはインドネシアから日付変更線あたりまでとなる

Visibility at GEO



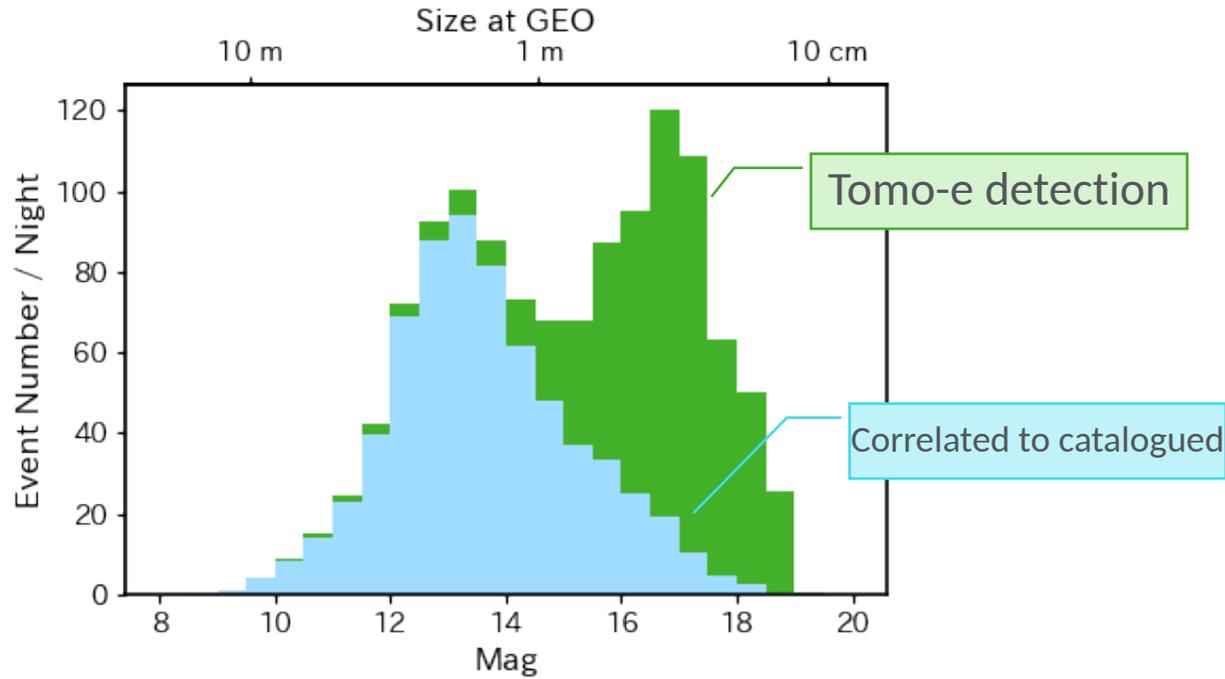
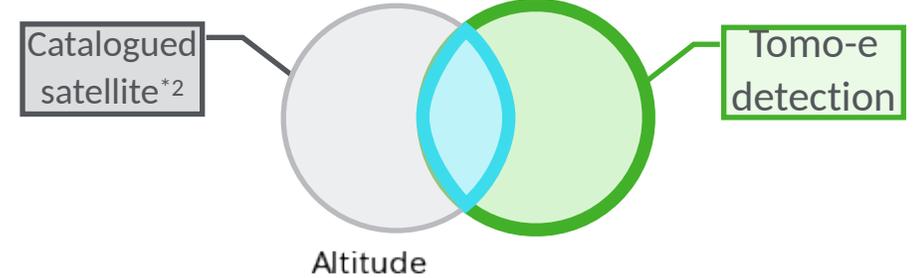
NEO検出パイプラインで得られる移動天体を出発点とする。NEOを目的とする特性上、高度1万km以上の人工天体が検出される

NEO Detection Algorithm and Artificial Objects in Tomo-e Gozen's Observation



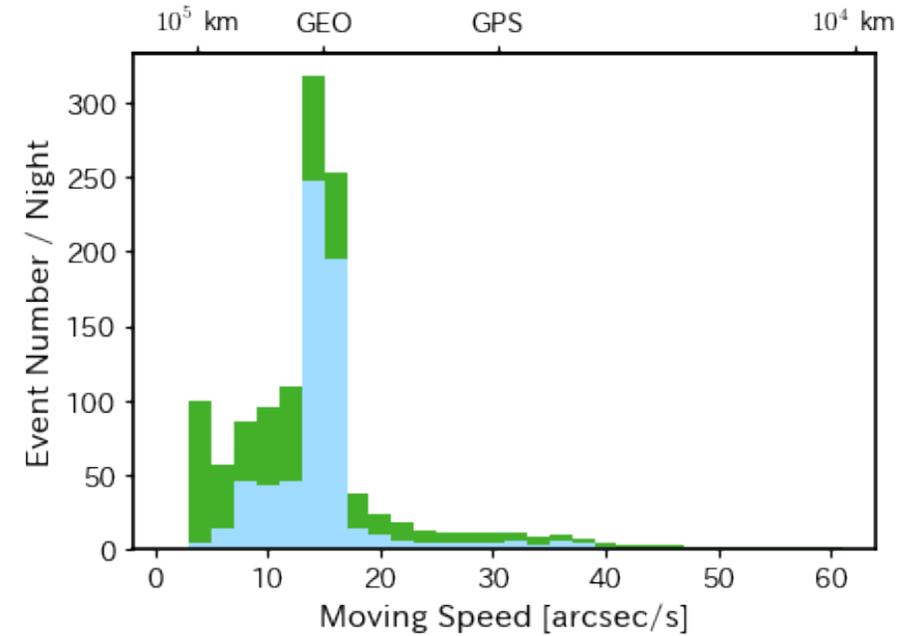
実際の観測データでも静止軌道付近で20cm程度に相当する物体が検出されている

Tomo-e Gozenによる網羅性の向上 (実データによる試験)



Magnitude distribution

- Objects are detected down to ~19th mag
- Uncatalogued detections in > 15th mag



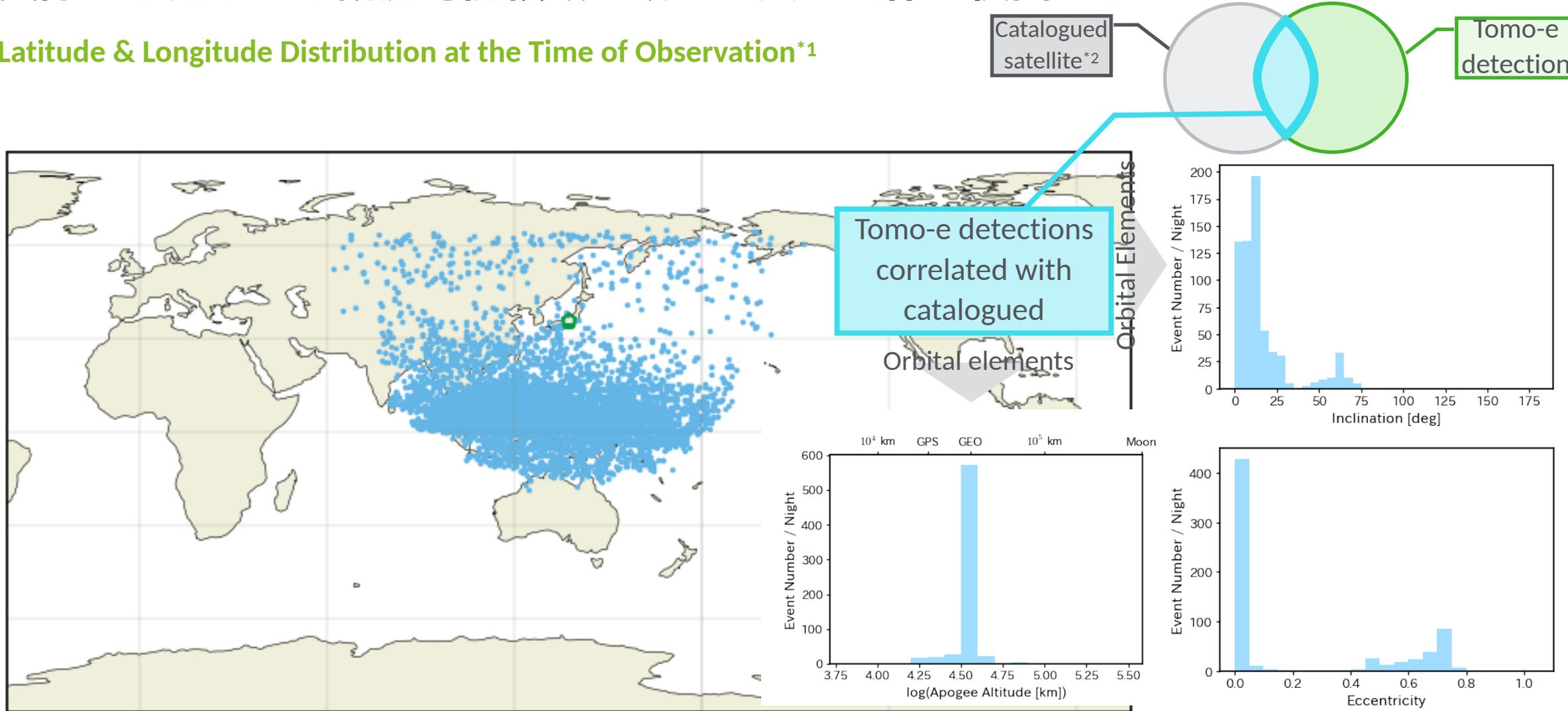
Moving speed distribution

- Detections mainly in GEO and above
- ~100 uncatalogued detections around GEO

*1: Average of 12 nights (20200614 to 20200617, 20201107 to 20201111, 20220329, 20220330, and 20220401); *2: Space Track (<https://www.space-track.org/>)

実際に想定される観測可能領域の既知の人工天体が検出できている

Latitude & Longitude Distribution at the Time of Observation*1

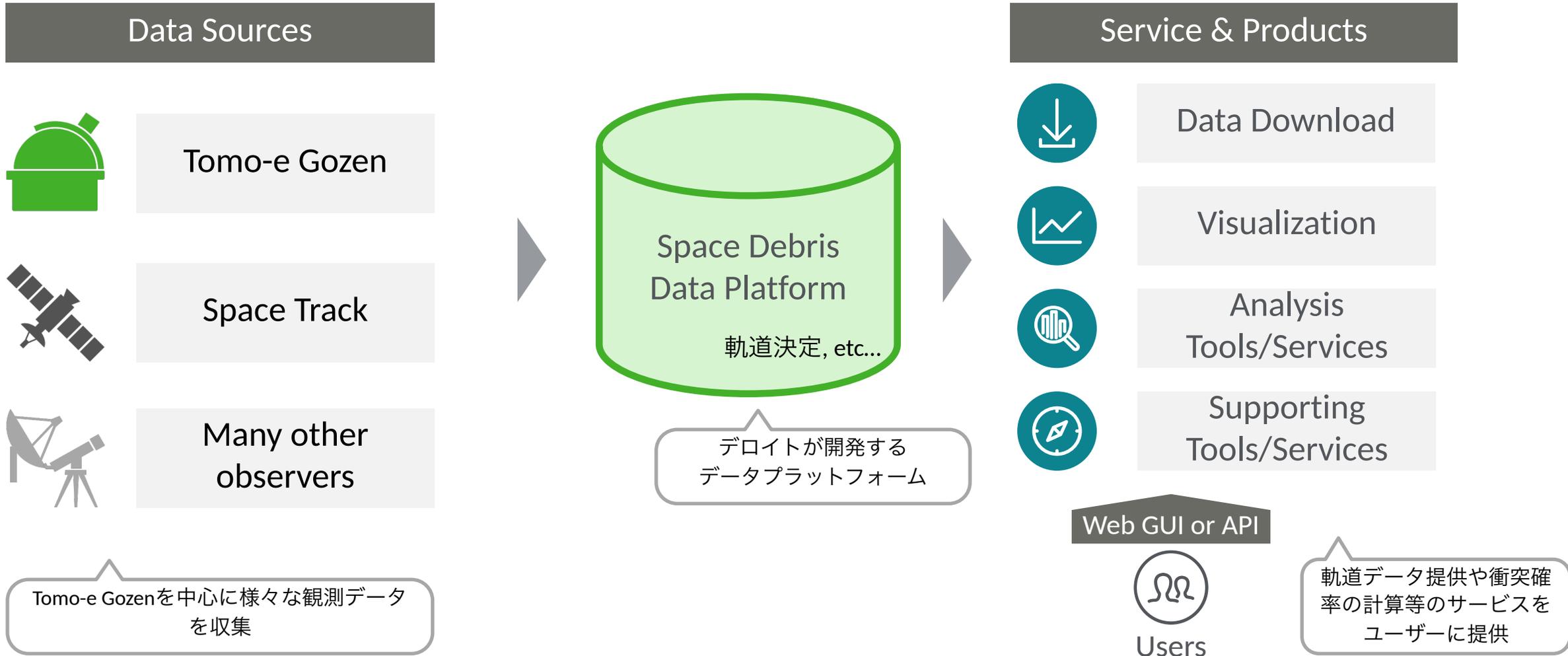


*1: In 12 nights (20200614 to 20200617, 20201107 to 20201111, 20220329, 20220330, and 20220401); *2: Space Track (<https://www.space-track.org/>)

Method: NEOサーベイデータを用いたスペースデブリのカタログ化

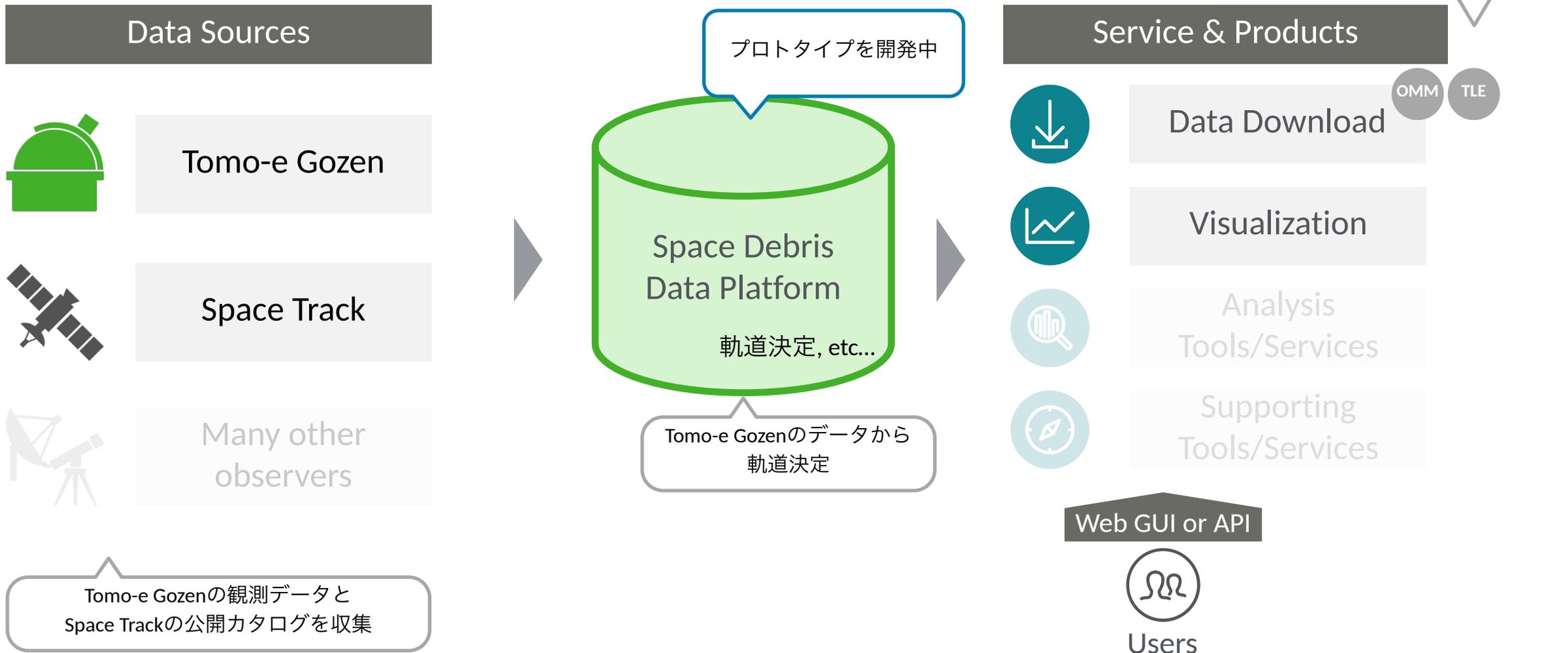
将来的にはTomo-e Gozenに加え、様々な観測データを収集し、スペースデブリの軌道データや衝突確率計算等、宇宙の持続可能な開発に資するサービスの提供を目論みます

東京大学との産学共同研究の果てにデロイトが実現したいこと



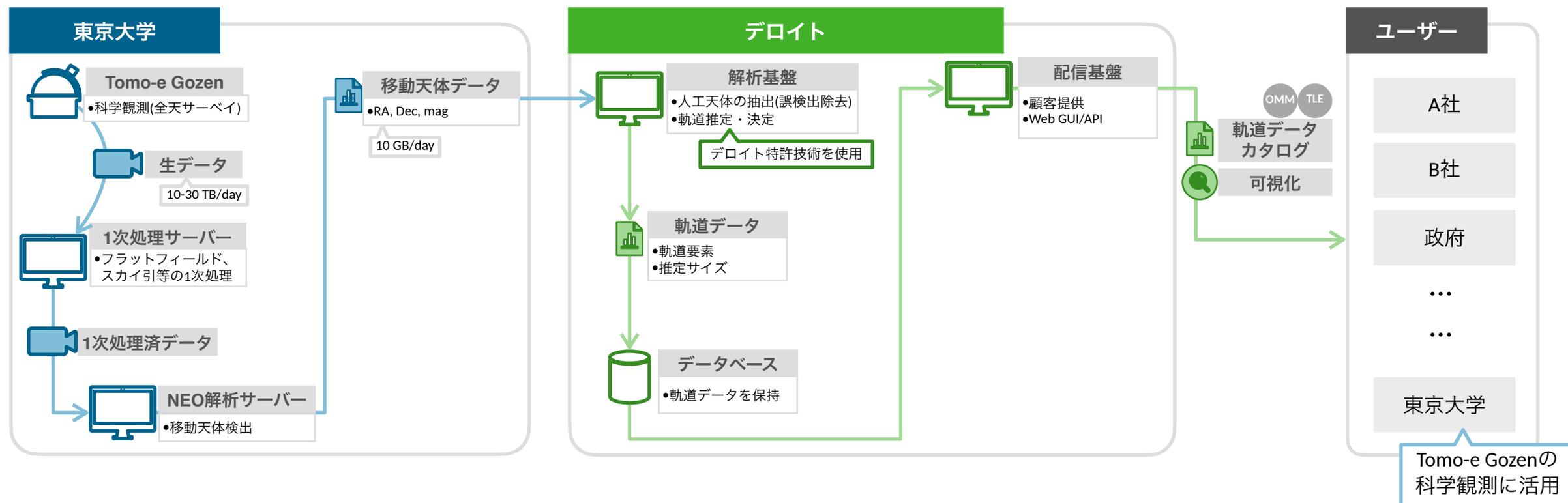
現在はプロトタイプを開発しており、Tomo-e Gozen NEOサーベイのデータから人工天体の抽出や軌道決定を行い、標準的なフォーマットで軌道データの提供を予定

プロトタイプとして実現しようとしていること



NEO解析パイプラインで得られた移動天体の位置と光度から、人工天体の抽出や軌道決定を実施。OMM*1やTLEといった標準フォーマットでユーザーに提供 (1/2)

データ解析・作成から提供までのフロー



アイコン色の意味	
Blue icon	東京大学のデータ
Green icon	デロイトのデータ

*1: Orbit Mean-Elements Message(平均軌道要素メッセージ; [JAXA](#))

NEO解析パイプラインで得られた移動天体の位置と光度から、人工天体の抽出や軌道決定を実施。OMM*¹やTLEといった標準フォーマットでユーザーに提供 (2/2)

データ解析・作成の概念図

移動天体データ

Frm	JD	RA	DEC	MAG
0	2459671.278910	3.715920	0.023212	16.0
1	2459671.278915	3.715966	0.023204	15.7
2	2459671.278921	3.716006	0.023194	15.6
3	2459671.278927	3.716048	0.023183	15.6
4	2459671.278933	3.716095	0.023166	15.2
5	2459671.278939	3.716139	0.023154	15.2
6	2459671.278944	3.716183	0.023143	14.8
7	2459671.278950	3.716227	0.023134	14.6
8	2459671.278956	3.716267	0.023121	14.5
9	2459671.278962	3.716312	0.023104	14.2
10	2459671.278968	3.716357	0.023090	14.1
11	2459671.278973	3.716397	0.023078	13.8
10	2459671.243782	3.331507	0.420040	11.6
11	2459671.243788	3.331529	0.420072	11.6
10	2459671.305844	3.718748	0.054453	17.8
11	2459671.305786	3.718261	0.054669	16.0
10	2459671.278968	3.716357	0.023090	14.1
11	2459671.278973	3.716397	0.023078	13.8
10	2459671.243782	3.331507	0.420040	11.6
11	2459671.243788	3.331529	0.420072	11.6
10	2459671.305844	3.718748	0.054453	17.8
11	2459671.305786	3.718261	0.054669	16.0



人工天体の抽出

- Seeing Danceによる誤検出を除去
- 既知の人工天体(Catalogued)とのマッチング
- マッチしないもの(Uncatalogued)は未知人工天体として扱う



軌道決定

- 既知の人工天体、未知の人工天体それぞれについて、複数の移動天体データから軌道決定



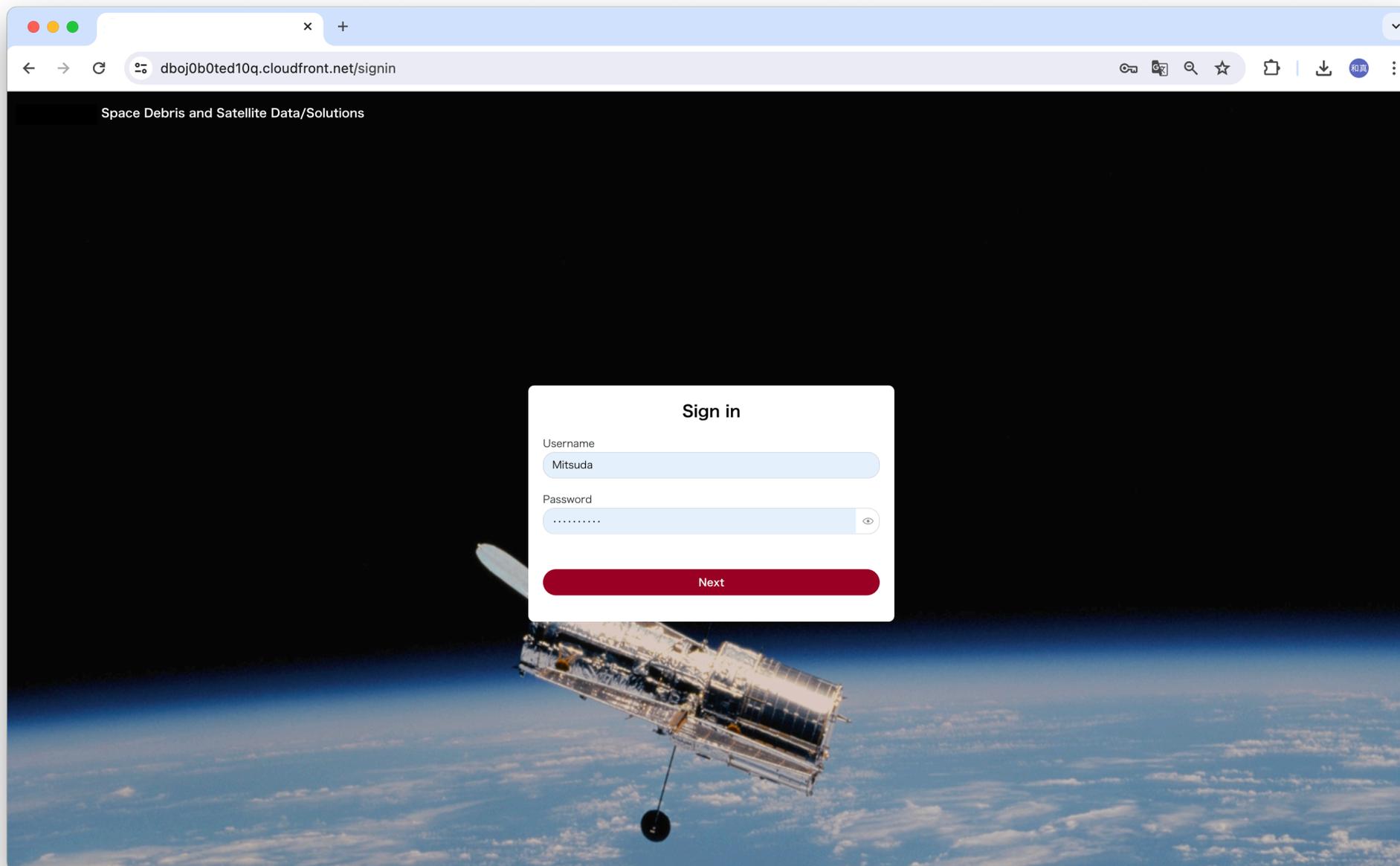
軌道データ

USER_DEFINED_OBJECT_ID ↓	a[km](SMA) ↓	e(Eccentricity) ↓	ω [deg](AoP) ↓	I[deg](Incl.) ↓	Ω [deg](RAAN) ↓	μ [deg](Mean An) ↓	t[UTC](epoch) ↓
ST27879	22324.934	0.67688732	186.2466	26.5893	162.0129	246.8258	2022-03-29 14:11:33
ST2217	40459.041	0.00785717	150.3501	5.7642	55.7563	0.3482	2022-03-29 15:50:24
ST2217	40185.04	0.00299753	169.1938	5.7664	55.8552	341.2809	2022-03-29 15:49:31
ST2217	40199.842	0.00323992	166.6752	5.7659	55.8527	332.6042	2022-03-29 15:07:57
ST8751	43030.749	0.01293601	83.175	18.5728	62.3849	80.6662	2022-03-29 17:07:05
ST32973	25464.194	0.57328708	326.8064	70.3365	16.2021	245.2631	2022-03-29 15:06:37
ST32973	25311.247	0.57714721	327.0195	70.3025	16.2166	214.6229	2022-03-29 14:09:57
ST39447	26574.051	0.63101655	14.3357	66.6046	335.8553	124.173	2022-03-29 14:44:47
ST39447	26599.406	0.63055724	14.3812	66.6058	335.8525	120.6935	2022-03-29 14:37:59
ST15824	42133.622	0.00523728	10.1455	14.9537	354.7847	148.4944	2022-03-29 14:45:39

Preliminary Result: データ提供App(開発中)のデモンストレーション

Tomo-e Gozenのデータを活用してカタログ化された人工天体のデータを提供するアプリケーションを開発中

デモ



Filter

Object Name or UserDefinedObjectID

Data Source

All

Discovered by Tomo-e Gozen

Show objects with Apoapsis more than 1000km

Show objects with Apoapsis less than 1000km



Visualization

検索・Download

1x
May 14 2024
10:08:24 UTC

Cesium Ion logo and playback controls including play, pause, and stop buttons.

Filter

Object Name or UserDefinedObjectID

Data Source

All

Discovered by Tomo-e Gozen

Show objects with Apoapsis more than 1000km

Show objects with Apoapsis less than 1000km

Space Trackの公開データ

Tomo-e Gozenで軌道決定されたもの

*模擬データ

1x May 14 2024 10:08:24 UTC

CESIUM ion This application is using Cesium's default ion access token. Please assign `Cesium.Ion.defaultAccessToken` with an access token from your ion account before making any Cesium API calls. You can sign up for a free ion account at <https://cesium.com>. Data attribution

May 14 2024, 12:00:00 UTC May 14 2024, 16:00:00 UTC May 14 2024, 20:00:00 UTC May 15 2024, 00:00:00 UTC May 15 2024, 04:00:00 UTC May 15 2024, 08:00:00 UTC

Filter

Object Name or UserDefinedObjectID

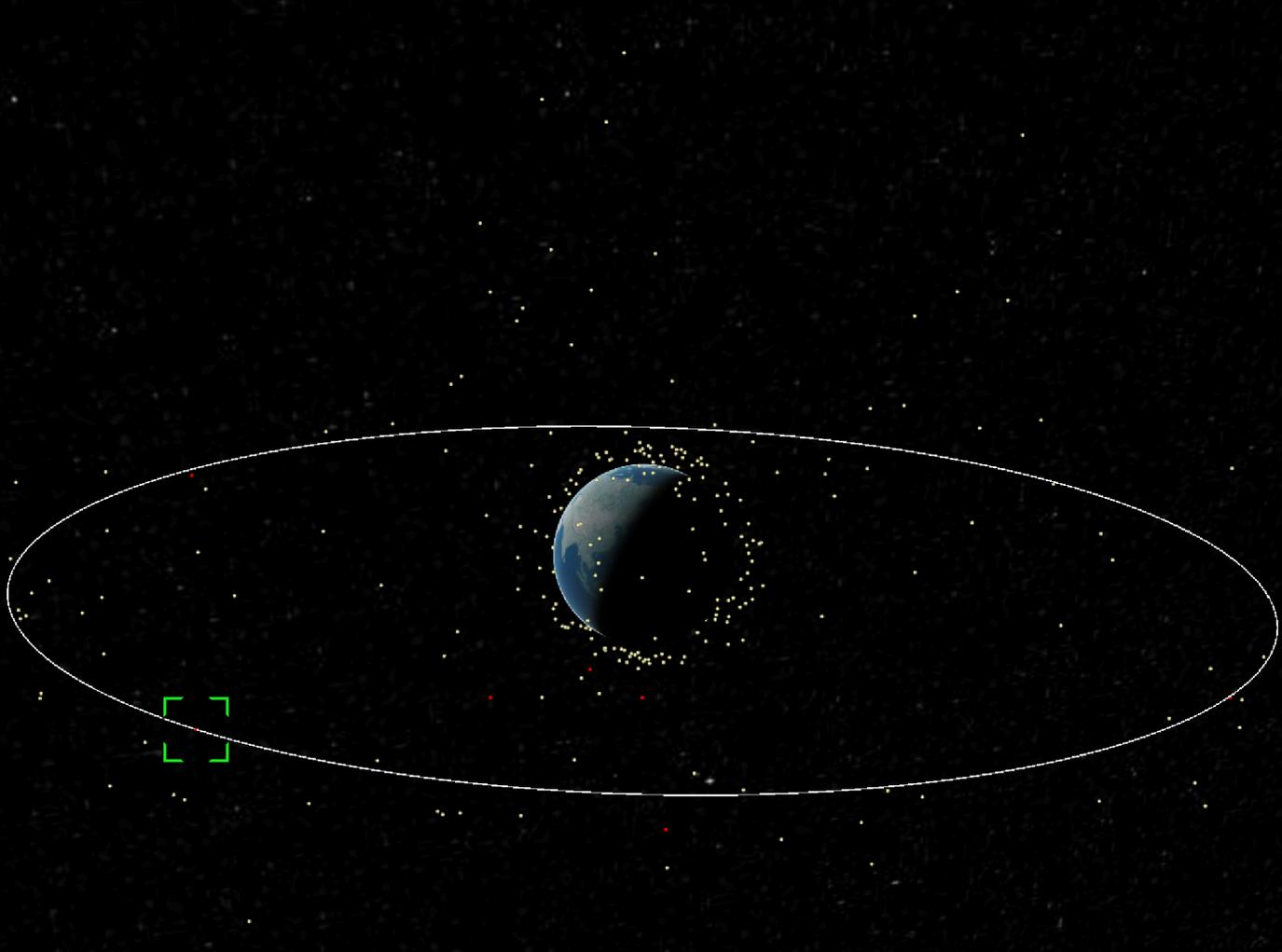
Data Source

All

Discovered by Tomo-e Gozen

Show objects with Apoapsis more than 1000km

Show objects with Apoapsis less than 1000km



Object Name	EUTE 21A (EUTE W3)
Data Source	tomoeGozen
NORAD_CAT_ID	25673
OBJECT_ID	1999-018A
USER_DEFINED_OBJECT_ID	ST25673
a[km](SMA)	
e(Eccentricity)	
ω [deg](AoP)	
I [deg](Incl.)	
Ω [deg](RAAN)	
μ [deg](Mean An)	
t[UTC](epoch)	

* 模擬データ

Filter

Object Name or UserDefinedObjectID

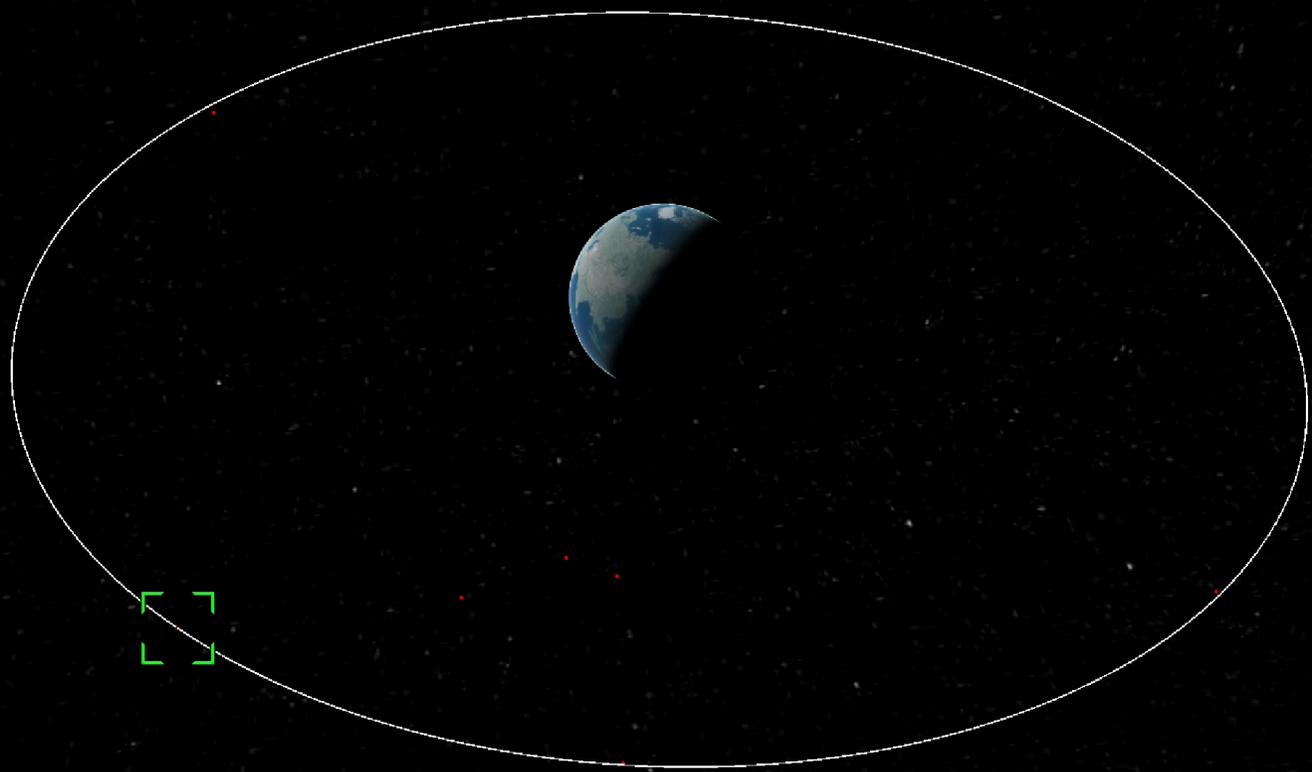
Data Source

Tomo-e Gozen

All

Tomo-e Gozen

Space Track



Object Name	EUTE 21A (EUTE W3)
Data Source	tomoeGozen
NORAD_CAT_ID	25673
OBJECT_ID	1999-018A
USER_DEFINED_OBJECT_ID	ST25673
a[km](SMA)	
e(Eccentricity)	
ω [deg](AoP)	
I[deg](Incl.)	
Ω [deg](RAAN)	
μ [deg](Mean An)	
t[UTC](epoch)	

* 模擬データ

Search conditions

Data Sources

- Tomo-e Gozen
- Space Track ?

Search Settings

- Latest only ?
- Discovered by Tomo-e Gozen ?

Orbital Elements

a[km](SMA) ~

e(Eccentricity) ~

ω [deg](AoP) ~

i[deg](Incl.) ~

Ω [deg](RAAN) ~

μ [deg](Mean An) ~

t[UTC](epoch) ~

Text

NORAD_CAT_ID

OBJECT_ID

USER_DEFINED_OBJECT_ID

検索条件を設定

Search results 1-10 of 58201 results

Data Chart Download as a File 1 2 3 4 5 ... 5821

Data Source	NORAD_CAT_ID	OBJECT_ID	USER_DEFINED_OBJECT_ID	a[km](SMA)	e(Eccentricity)	ω [deg](AoP)	i[deg](Incl.)	Ω [deg](RAAN)	μ [deg](Mean An)	t[UTC](epoch)
Space Track	4	1958-001A	ST4	6577.283	0.0024739	311.531	33.1468	334.6171	48.3249	1970-03-31 00:50:24
Space Track	16	1958-002A	ST16	8813.971	0.202448	322.1159	34.2685	112.4513	25.2592	2024-04-03 08:22:42
Space Track	5	1958-002B	ST5	8617.414	0.1840149	112.6226	34.2436	276.4682	267.8887	2024-04-03 19:46:34
Space Track	1576	1958-002C	ST1576	8169.662	0.1427638	58.1895	34.2241	158.9527	314.9856	2024-04-03 13:33:43
Space Track	8	1958-004B	ST8	6577.283	0.0024739	311.531	65.0599	163.5585	224.6847	1960-04-04 03:52:47
Space Track	9	1958-005A	ST9	6577.283	0.0024739	311.531	50.2549	82.4216	303.5234	1959-10-02 06:53:14
Space Track	11	1959-001A	ST11	8113.333	0.1456171	166.1517	32.8653	244.9337	198.3839	2024-04-03 17:36:24
Space Track	12	1959-001B	ST12	8309.73	0.1655566	172.185	32.8967	175.4382	190.827	2024-04-03 21:49:17
Space Track	14934	1959-001D	ST14934	6642.331	0.0003188	63.3365	32.7805	31.3996	340.6307	2007-10-22 09:07:30
Space Track	15	1959-004A	ST15	27641.364	0.7601812	47.2577	46.9509	49.6823	341.8928	1959-09-29 15:00:37

*模擬データ

Search conditions

Data Sources

- Tomo-e Gozen
- Space Track ?

Search Settings

- Latest only ?
- Discovered by Tomo-e Gozen ?

Orbital Elements

a[km](SMA) ~

e(Eccentricity) ~

ω [deg](AoP) ~

i [deg](Incl.) ~

Ω [deg](RAAN) ~

μ [deg](Mean An) ~

t[UTC](epoch) ~

Text

NORAD_CAT_ID

OBJECT_ID

USER_DEFINED_OBJECT_ID

画面上に表示

Search results 1-10 of 58201 results

1 2 3 4 5 ... 5821

Data Source	NORAD_CAT_ID	OBJECT_ID	USER_DEFINED_OBJECT_ID	a[km](SMA)	e(Eccentricity)	ω [deg](AoP)	i [deg](Incl.)	Ω [deg](RAAN)	μ [deg](Mean An)	t[UTC](epoch)
Space Track	4	1958-001A	ST4	6577.283	0.0024739	311.531	33.1468	334.6171	48.3249	1970-03-31 00:50:24
Space Track	16	1958-002A	ST16	8813.971	0.202448	322.1159	34.2685	112.4513	25.2592	2024-04-03 08:22:42
Space Track	5	1958-002B	ST5	8617.414	0.1840149	112.6226	34.2436	276.4682	267.8887	2024-04-03 19:46:34
Space Track	1576	1958-002C	ST1576	8169.662	0.1427638	58.1895	34.2241	158.9527	314.9856	2024-04-03 13:33:43
Space Track	8	1958-004B	ST8	6577.283	0.0024739	311.531	65.0599	163.5585	224.6847	1960-04-04 03:52:47
Space Track	9	1958-005A	ST9	6577.283	0.0024739	311.531	50.2549	82.4216	303.5234	1959-10-02 06:53:14
Space Track	11	1959-001A	ST11	8113.333	0.1456171	166.1517	32.8653	244.9337	198.3839	2024-04-03 17:36:24
Space Track	12	1959-001B	ST12	8309.73	0.1655566	172.185	32.8967	175.4382	190.827	2024-04-03 21:49:17
Space Track	14934	1959-001D	ST14934	6642.331	0.0003188	63.3365	32.7805	31.3996	340.6307	2007-10-22 09:07:30
Space Track	15	1959-004A	ST15	27641.364	0.7601812	47.2577	46.9509	49.6823	341.8928	1959-09-29 15:00:37

*模擬データ

Search conditions

Data Sources

- Tomo-e Gozen
- Space Track ?

Orbital Elements

a[km](SMA) ~

e(Eccentricity) ~

ω [deg](AoP) ~

i [deg](Incl.) ~

Ω [deg](RAAN) ~

μ [deg](Mean An) ~

t[UTC](epoch)

Text

NORAD_CAT_ID

OBJECT_ID

USER_DEFINED_OBJECT_ID

cURLコマンド生成 (APIからデータ取得可)

軌道要素の統計の閲覧

Textファイルとしてダウンロード

1 2 3 4 5 ... 5821

Search results 1-10 of 58201 results

Data Source	NORAD_CAT_ID	OBJECT_ID	USER_DEFINED_OBJECT_ID	a[km](SMA)	e(Eccentricity)	ω [deg](AoP)	i [deg](Incl.)	Ω [deg](RAAN)	μ [deg](Mean An)	t[UTC](epoch)
Space Track	4	1958-001A	ST4	6577.283	0.0024739	311.531	33.1468	334.6171	48.3249	1970-03-31 00:50:24
Space Track	16	1958-002A	ST16	8813.971	0.202448	322.1159	34.2685	112.4513	25.2592	2024-04-03 08:22:42
Space Track	5	1958-002B	ST5	8617.414	0.1840149	112.6226	34.2436	276.4682	267.8887	2024-04-03 19:46:34
Space Track	1576	1958-002C	ST1576	8169.662	0.1427638	58.1895	34.2241	158.9527	314.9856	2024-04-03 13:33:43
Space Track	8	1958-004B	ST8	6577.283	0.0024739	311.531	65.0599	163.5585	224.6847	1960-04-04 03:52:47
Space Track	9	1958-005A	ST9	6577.283	0.0024739	311.531	50.2549	82.4216	303.5234	1959-10-02 06:53:14
Space Track	11	1959-001A	ST11	8113.333	0.1456171	166.1517	32.8653	244.9337	198.3839	2024-04-03 17:36:24
Space Track	12	1959-001B	ST12	8309.73	0.1655566	172.185	32.8967	175.4382	190.827	2024-04-03 21:49:17
Space Track	14934	1959-001D	ST14934	6642.331	0.0003188	63.3365	32.7805	31.3996	340.6307	2007-10-22 09:07:30
Space Track	15	1959-004A	ST15	27641.364	0.7601812	47.2577	46.9509	49.6823	341.8928	1959-09-29 15:00:37

*模擬データ

Search conditions

Data Sources

- Tomo-e Gozen
- Space Track ?

Search Settings

- Latest only ?
- Discovered by Tomo-e Gozen ?

Orbital Elements

a[km](SMA) ~

e(Eccentricity) ~

ω [deg](AoP) ~

I [deg](Incl.) ~

Ω [deg](RAAN) ~

μ [deg](Mean An) ~

t[UTC](epoch) ~

Text

NORAD_CAT_ID

OBJECT_ID

USER_DEFINED_OBJECT_ID

Search results 1-10 of 58201 results

< 1 2 3 4 5 ... 5821 >

Data Source	NORAD_CAT_ID	OBJECT_ID	USER_DEFINED_OBJECT_ID	a[km](SMA)	e(Eccentricity)	ω [deg](AoP)	I [deg](Incl.)	Ω [deg](RAAN)	μ [deg](Mean An)	t[UTC](epoch)
Space Track	4	1958-001A	ST4	6577.283	0.0024739	311.531	33.1468	334.6171	48.3249	1970-03-31 00:50:24
Space Track	16	1958-002A	ST16	8813.971	0.202448	322.1159	34.2685	112.4513	25.2592	2024-04-03 08:22:42
Space Track	5	1958-002B	ST5	8617.414	0.1840149	112.6226	34.2436	276.4682	267.8887	2024-04-03 19:46:34
Space Track	1576	1958-002C	ST1576	8169.662	0.1427638	58.1895	34.2241	158.9527	314.9856	2024-04-03 13:33:43
Space Track	8	1958-004B	ST8	6575.177	0.0088318	135.676	65.0599	163.5585	224.6847	1960-04-04 03:52:47
Space Track	9	1958-005A	ST9	6790.158	0.0254534	57.7226	50.2549	82.4216	303.5234	1959-10-02 06:53:14
Space Track	11	1959-001A	ST11	8113	0.1655566	6.1517	32.8653	244.9337	198.3839	2024-04-03 17:36:24
Space Track	12	1959-001B	ST12	8309.73	0.1655566	172.185	32.8967	175.4382	190.827	2024-04-03 21:49:17
Space Track	14934	1959-001D	ST14934	6642.331	0.0003188	63.3365	32.7805	31.3996	340.6307	2007-10-22 09:07:30
Space Track	15	1959-004A	ST15	27641.364	0.7601812	47.2577	46.9509	49.6823	341.8928	1959-09-29 15:00:37

*模擬データ

Search conditions

Data Sources

- Tomo-e Gozen
- Space Track ?

Search Settings

- Latest only ?
- Discovered by Tomo-e Gozen ?

Orbital Elements

a[km](SMA) 0 ~ 1

e(Eccentricity) 0 ~ 1

ω [deg](AoP) 0 ~ 360

I[deg](Incl.) 0 ~ 180

Ω [deg](RAAN) 0 ~ 360

μ [deg](Mean An) 0 ~ 360

t[UTC](epoch) [calendar icon] ~ [calendar icon]

Text

NORAD_CAT_ID [input]

OBJECT_ID [input]

USER_DEFINED_OBJECT_ID [input]

Search Generate cURL command Clear all

Search results 0 results

Data Source	NORAD_CAT_ID	OBJECT_ID	USER_DEFINED_OBJECT_ID	a[km](SMA)	e(Eccentricity)	ω [deg](AoP)	I[deg](Incl.)	Ω [deg](RAAN)	μ [deg](Mean An)	t[UTC](epoch)
-------------	--------------	-----------	------------------------	------------	-----------------	---------------------	---------------	----------------------	----------------------	---------------



*模擬データ

Discussion: スペースデブリのカタログ化とTomo-e Gozen運用

まとめ

Tomo-e GozenのNEOサーベイデータを用いてスペースデブリなどの人工天体をカタログ化する取り組みを行っています

Outline



Deloitte.

デロイト トーマツ

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャルアドバイザー合同会社、デロイト トーマツ税理士法人、DT弁護士法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスクアドバイザー、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市に約1万7千名の専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループWebサイト（www.deloitte.com/jp）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイトネットワーク”）のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。DTTLおよびDTTLの各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。DTTLはクライアントへのサービス提供を行いません。詳細はwww.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバーファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィックにおける100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー、リスクアドバイザー、税務、法務などに関連する最先端のサービスを、Fortune Global 500®の約9割の企業や多数のプライベート（非公開）企業を含むクライアントに提供しています。デロイトは、資本市場に対する社会的な信頼を高め、クライアントの変革と繁栄を促し、より豊かな経済、公正な社会、持続可能な世界の実現に向けて自ら率先して取り組むことを通じて、計測可能で継続性のある成果をもたらすプロフェッショナルの集団です。デロイトは、創設以来175年余りの歴史を有し、150を超える国・地域にわたって活動を展開しています。“Making an impact that matters”をパーパス（存在理由）として標榜するデロイトの約415,000名の人材の活動の詳細については、（www.deloitte.com）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、デロイト トウシュ トーマツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイト・ネットワーク”）が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家にご相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。またDTTL、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接または間接に発生したいかなる損失および損害に対して責任を負いません。DTTLならびに各メンバーファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。



IS 669126 / ISO 27001



BCMS 764479 / ISO 22301