

アインシュタインの奏でる宇宙からのメロディー：重力波



Illustration: Sora

東葛飾高校大学模擬講義

JGW-G1302004-v1

H25, 11, 20 東京大学宇宙線研究所 川村静児

話の内容

- 重力波とは何か？
- 重力波を検出するには？
- KAGRAとは？
- DECIGOとは？
- 東京大学特に柏キャンパスの紹介

重力波とは何か？

重力とは何か？

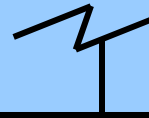
特別講座：

一般相対性理論

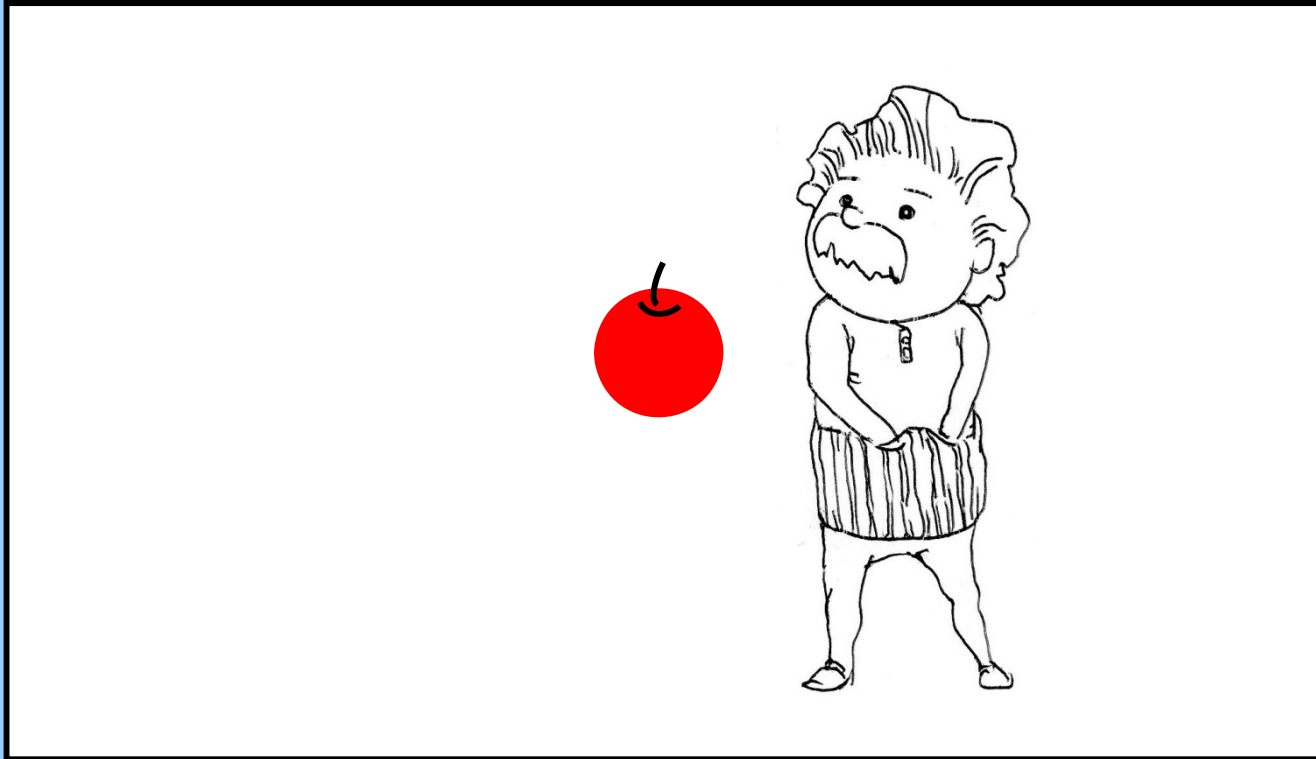
(3分間コース)



重力は消せる？

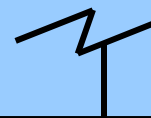


綱の切れたエレベーター

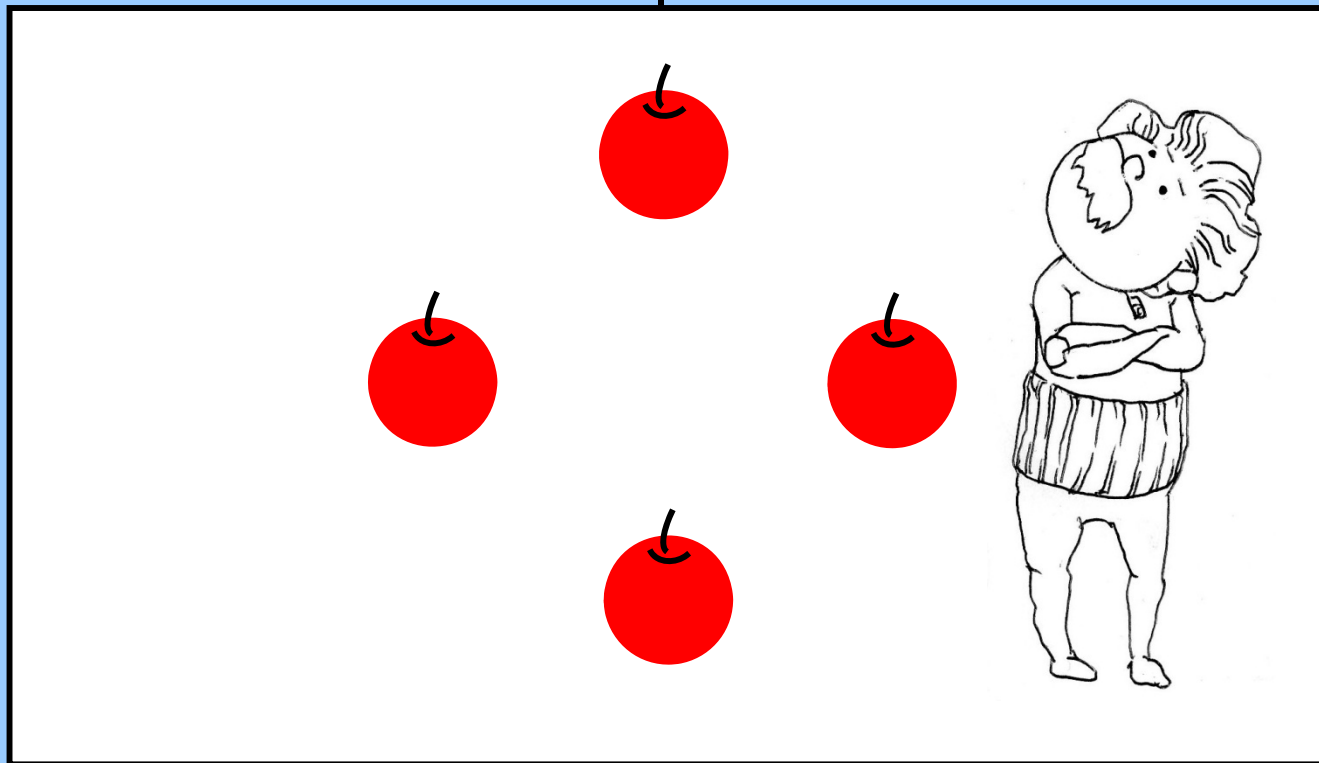


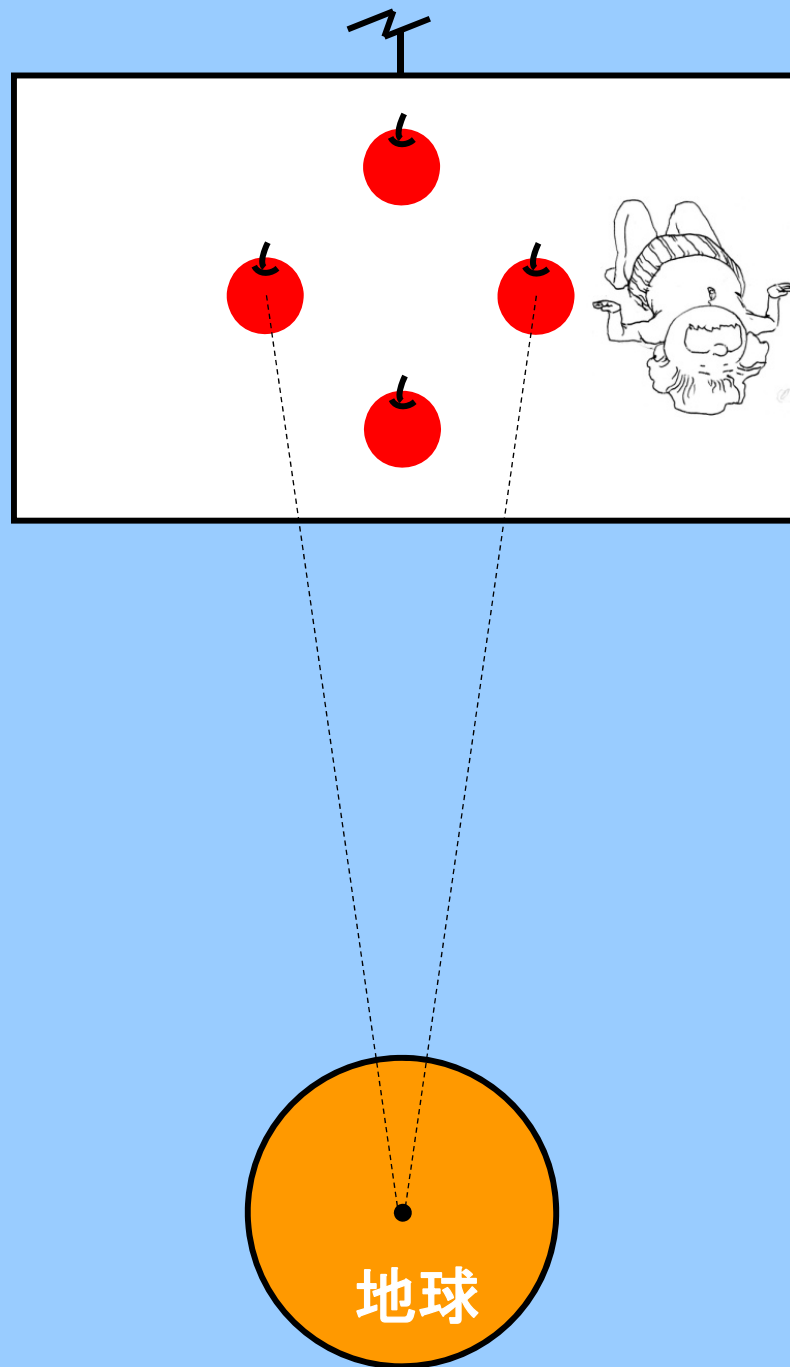
ではいったい重力の本質は？

りんごが上下左右に 4個あると？

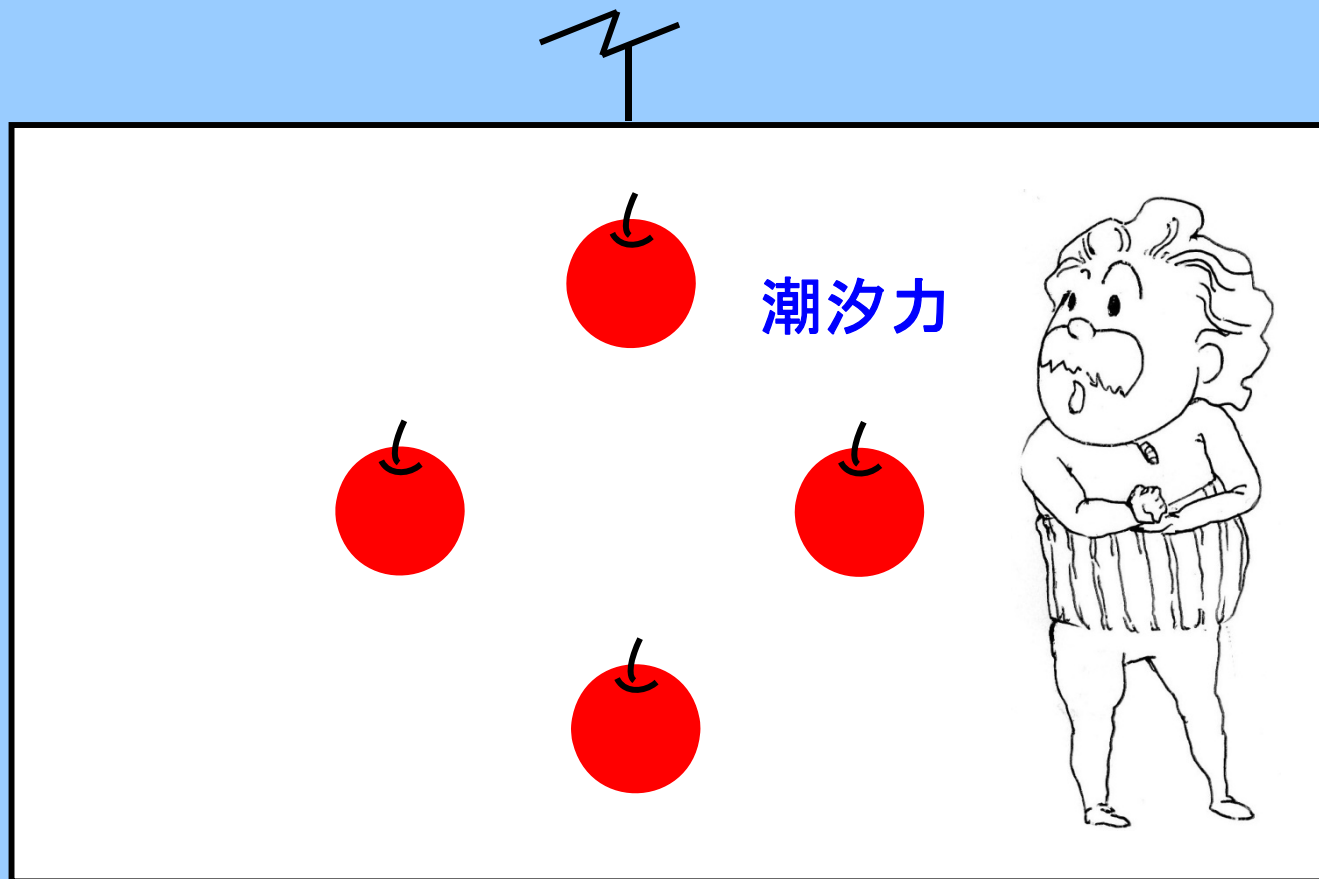


綱の切れたエレベーター

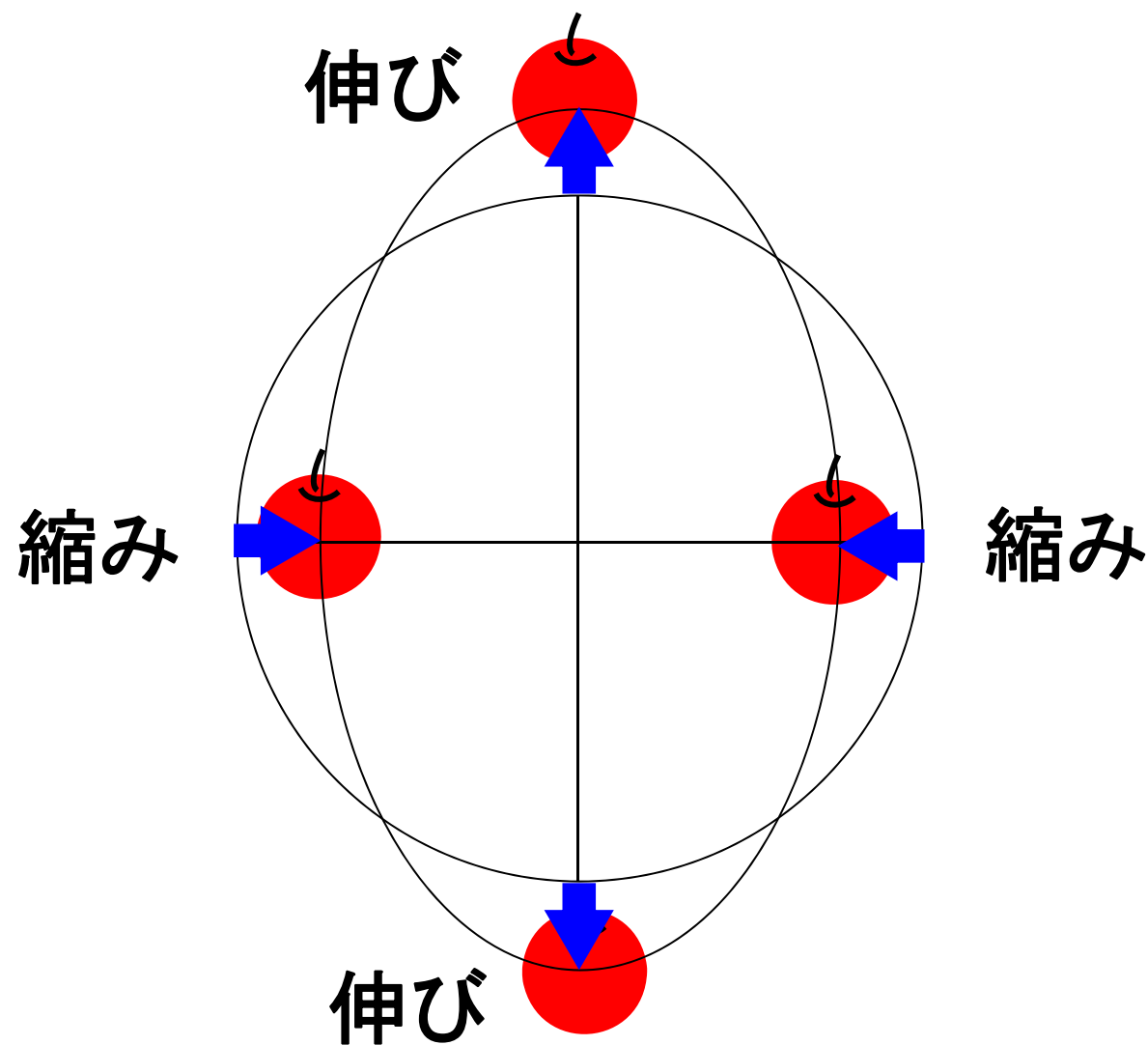




観測者から見ると りんごは潮汐的な力を受ける



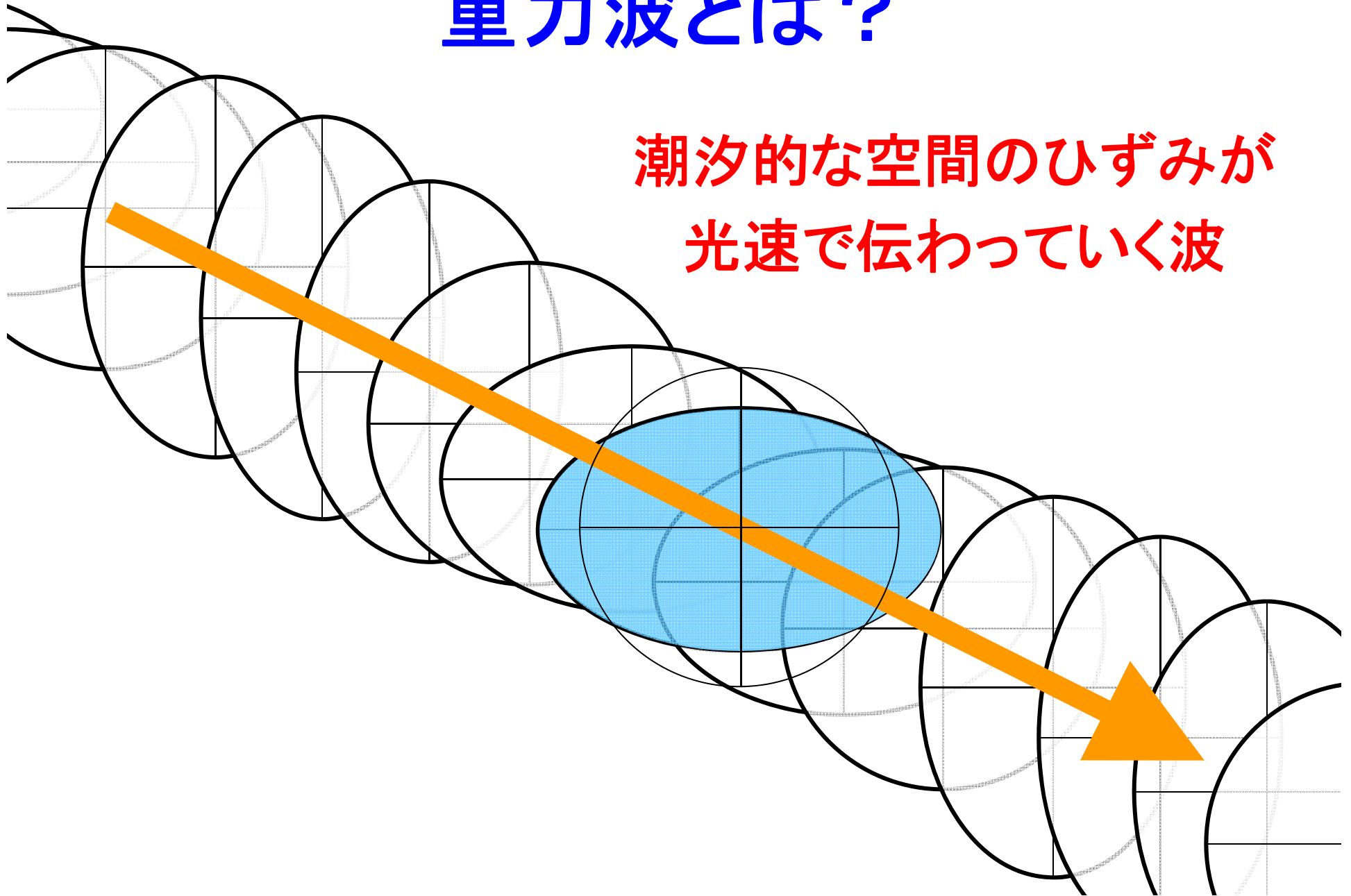
重力の本質：潮汐的な空間のひずみ



免許皆佗
一般相對性理論

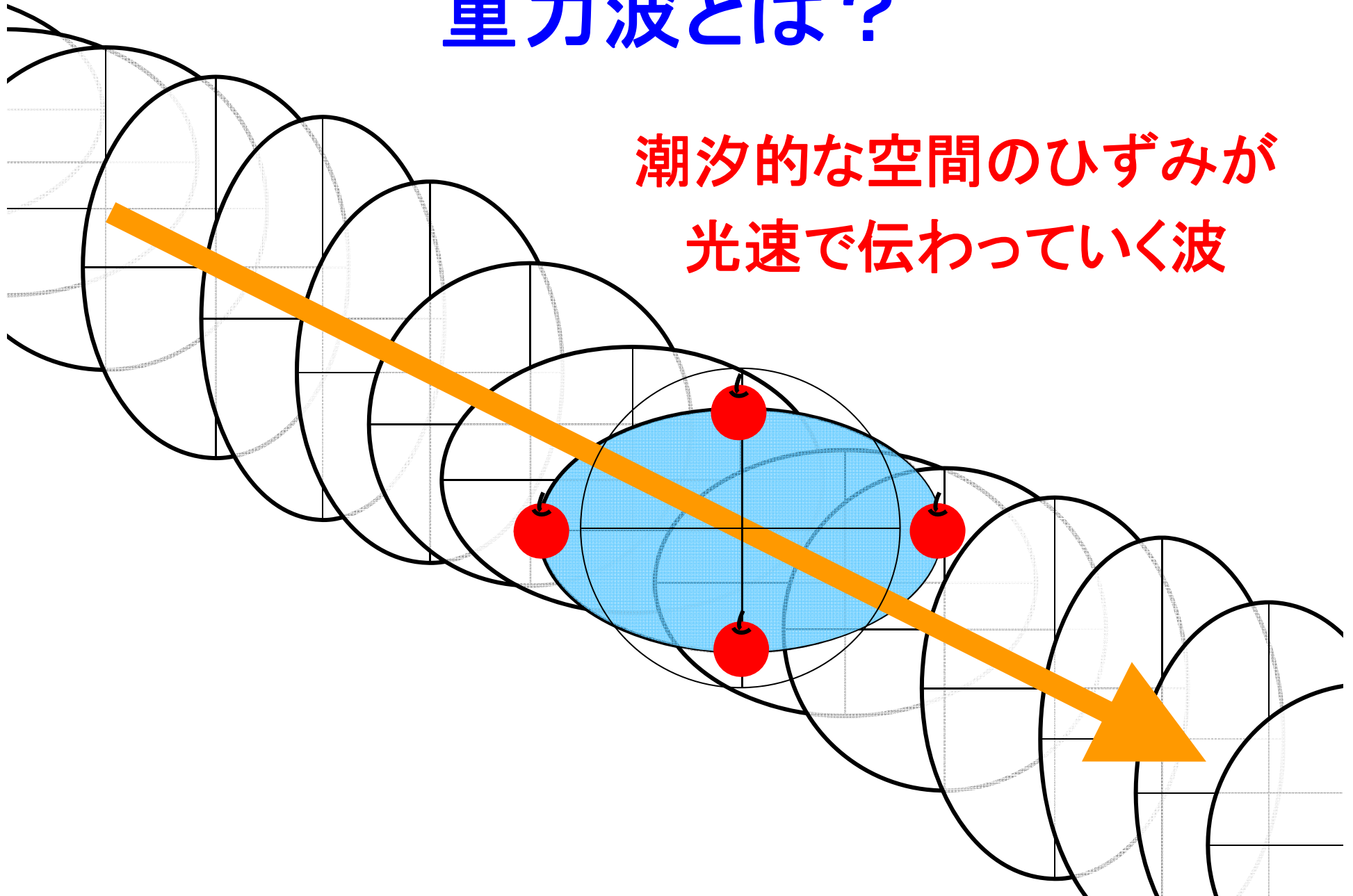
重力波とは？

潮汐的な空間のひずみが
光速で伝わっていく波



重力波とは？

潮汐的な空間のひずみが
光速で伝わっていく波



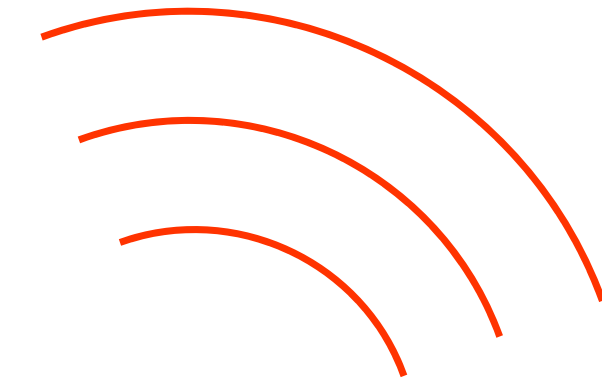
重力波のプロファイル

- アインシュタインが一般相対性理論で導出
- 光速で伝わる
- 真空中でも伝わる
- 何でもすり抜ける
- まだ見つかっていない



重力波は何から出るか？

電磁波



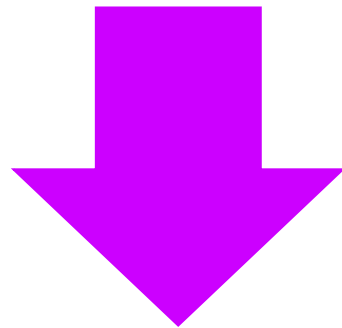
電荷

重力波



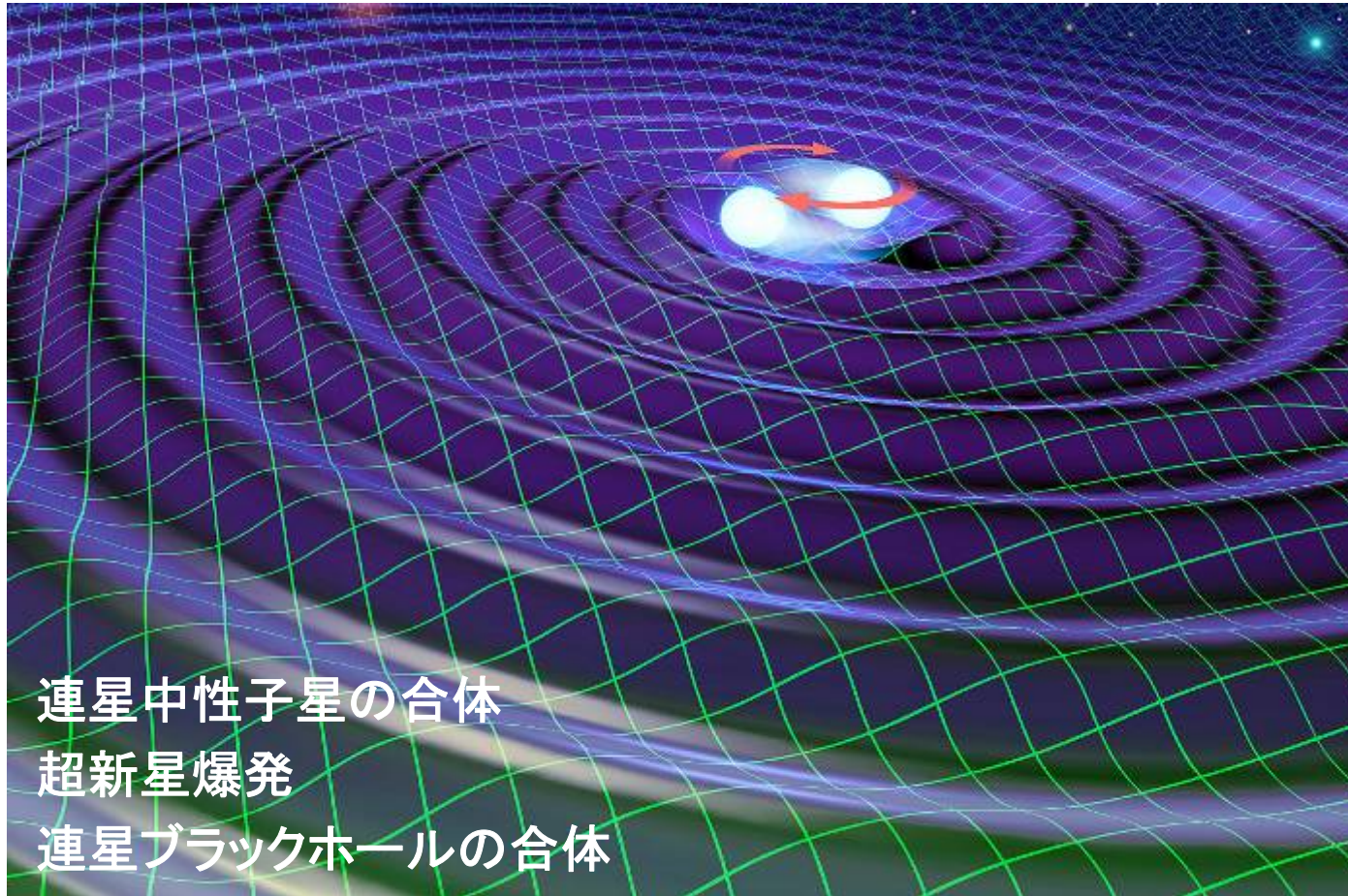
質量

**重いものが速く動くほど
重力波がいっぱい出る！**



天体現象

重力波のイメージ



CG/KAGAYA

重力波は存在する！

- テイラー、ハルスの連星パルサー (PSR1913+16) の観測
- 重力波を放出してエネルギーを失い、軌道周期が変化
- 1993年ノーベル賞

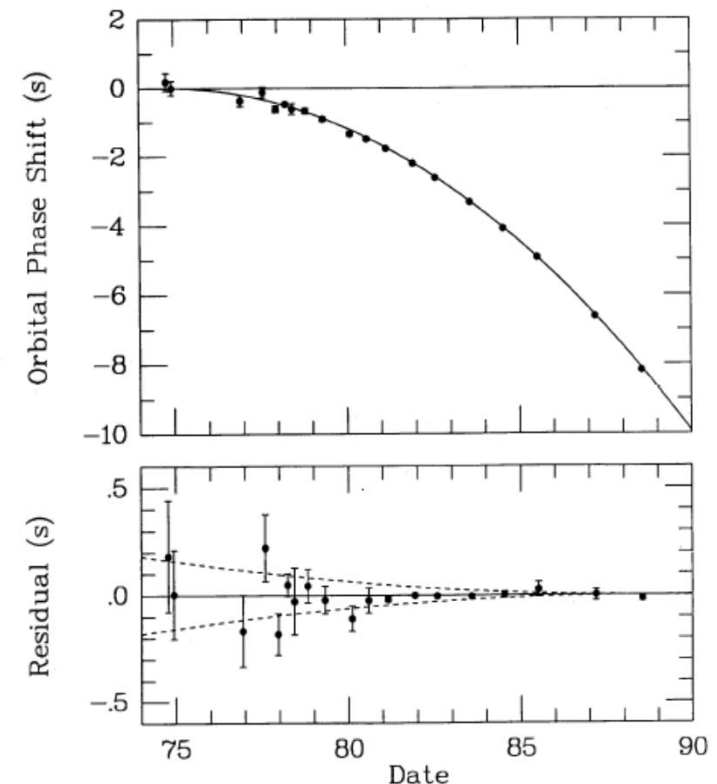
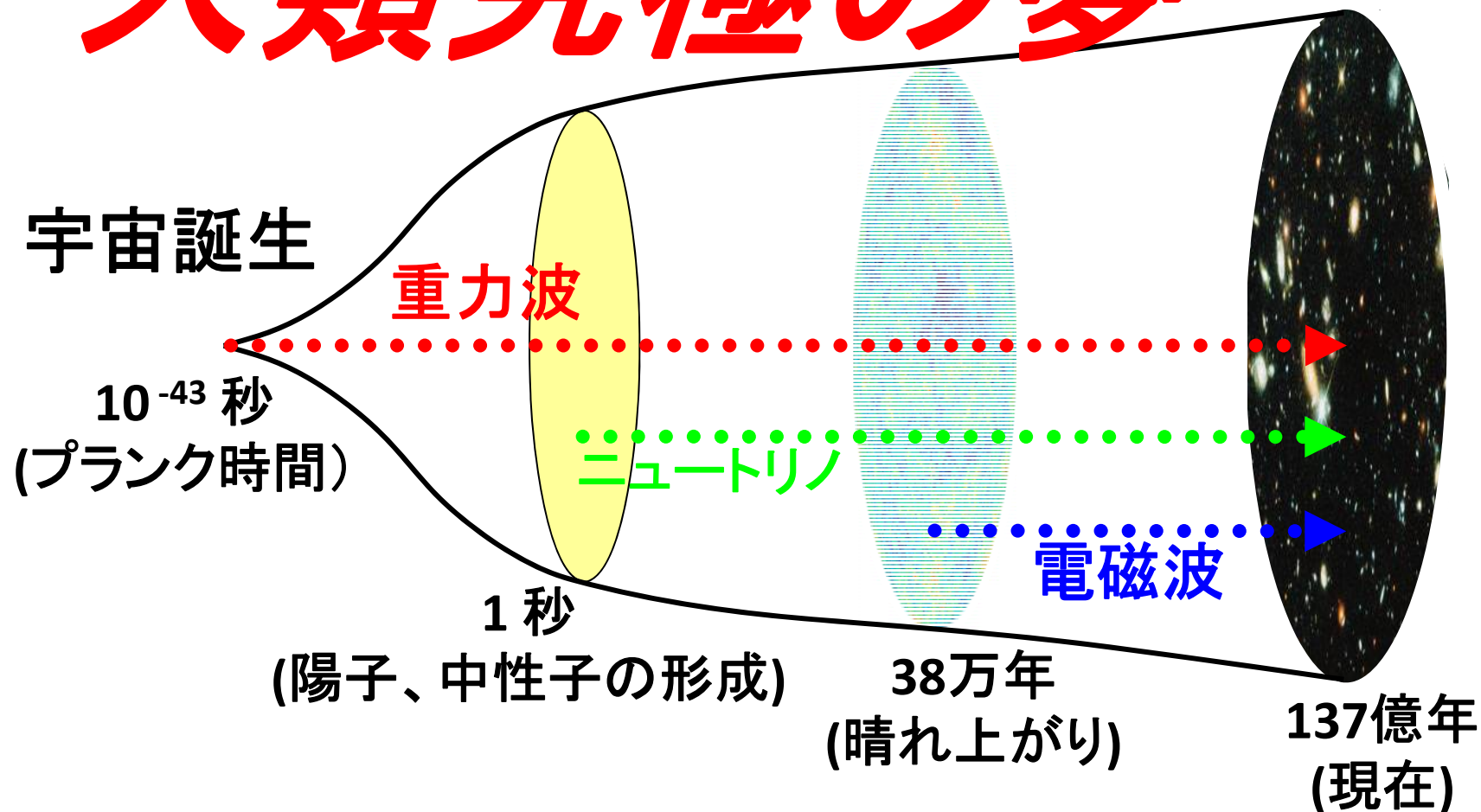


FIG. 5.—*Top*: Cumulative shift of the times of periastron passage relative to a nondissipative model in which the orbital period remains fixed at its 1974.78 value. *Bottom*: Differences between the locally measured periastron times and those expected according to the DD(1) parameter set. Dashed curves illustrate differential trends that would be expected (relative to epoch 1988.54) if the rate of orbital decay $\dot{P}_b$ were 2% larger or 2% smaller.

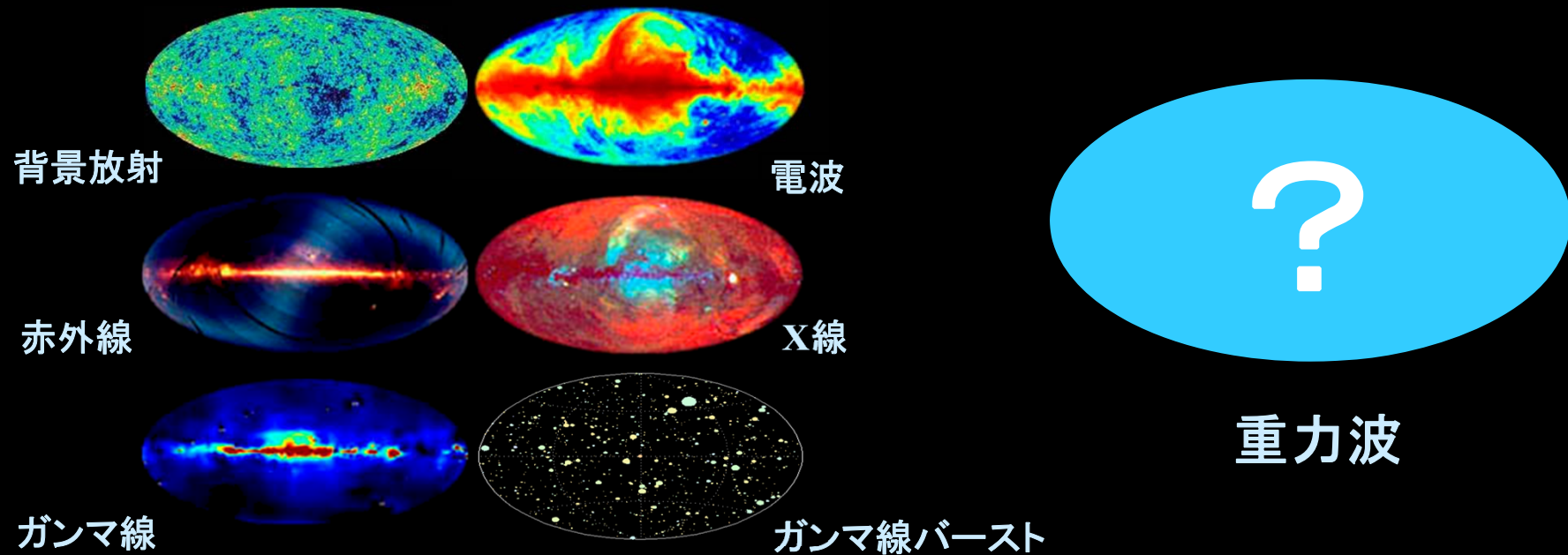
Taylor et al., ApJ.345(1989) p435

重力波で宇宙の始まりを観る！

人類究極の夢



重力波天文学



重力波によって想像を絶するような、新しい天体が見つかることも期待できる

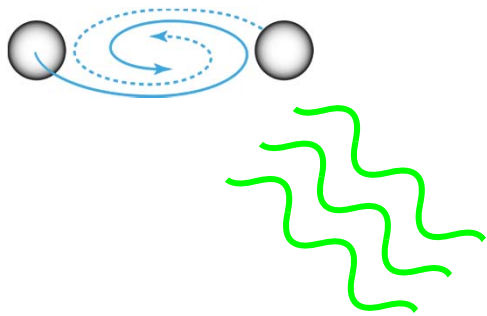
余剰次元の検証？

- もし余剰次元が実在すれば、天体から発せられた重力波が、余剰次元方向に逃げていく可能性がある
- その場合、余剰次元が存在しないと考えた場合よりも、重力波が弱く観測される

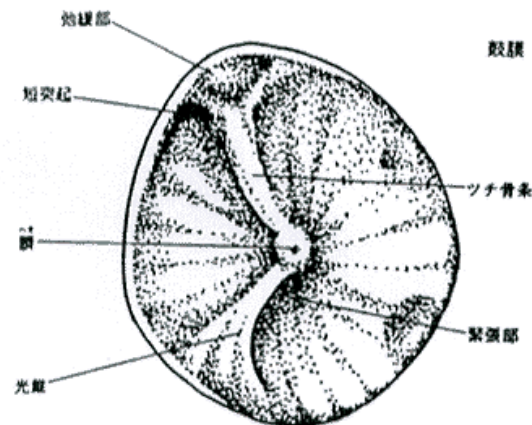


余剰次元の存在の検証

重力波は聞こえるはず？

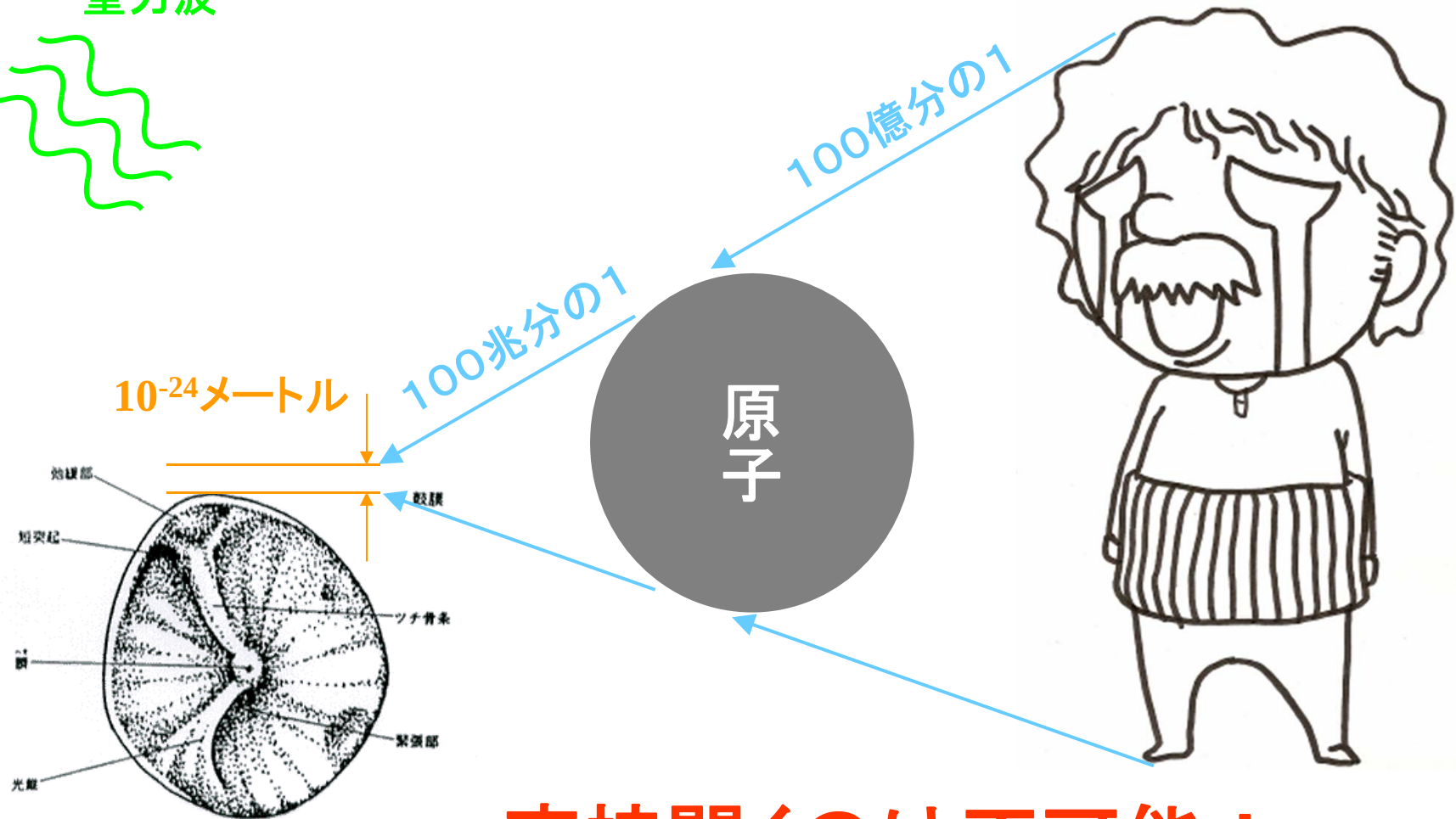
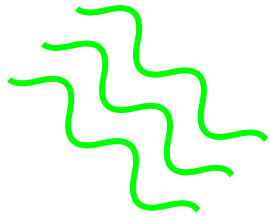


鼓膜



しかしその振動は・・・

重力波



直接聞くのは不可能！

超高感度の補聴器





アインシュタインの奏でる 宇宙からのメロディー

中性子連星の合体 📢

ブラックホール（太陽質
量の10倍）連星の合体 📢

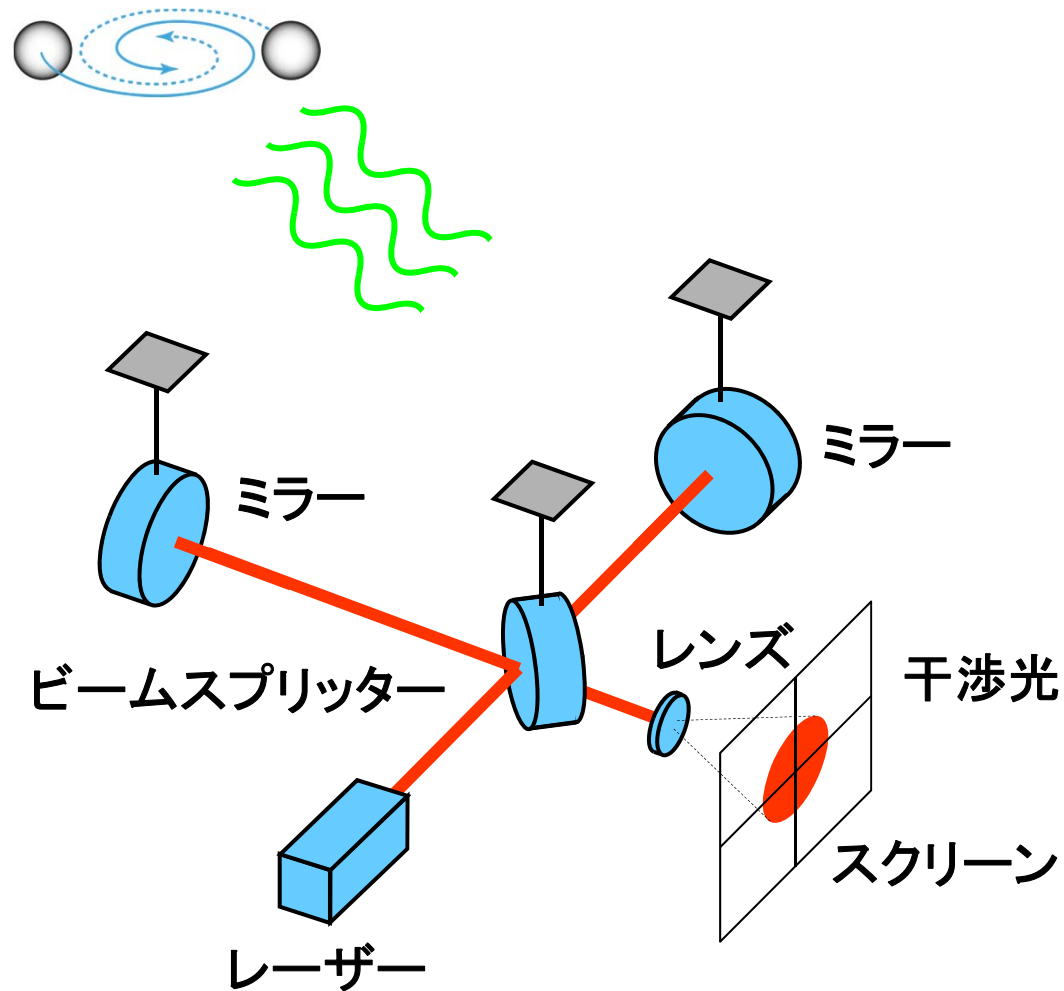
超新星爆発 📢

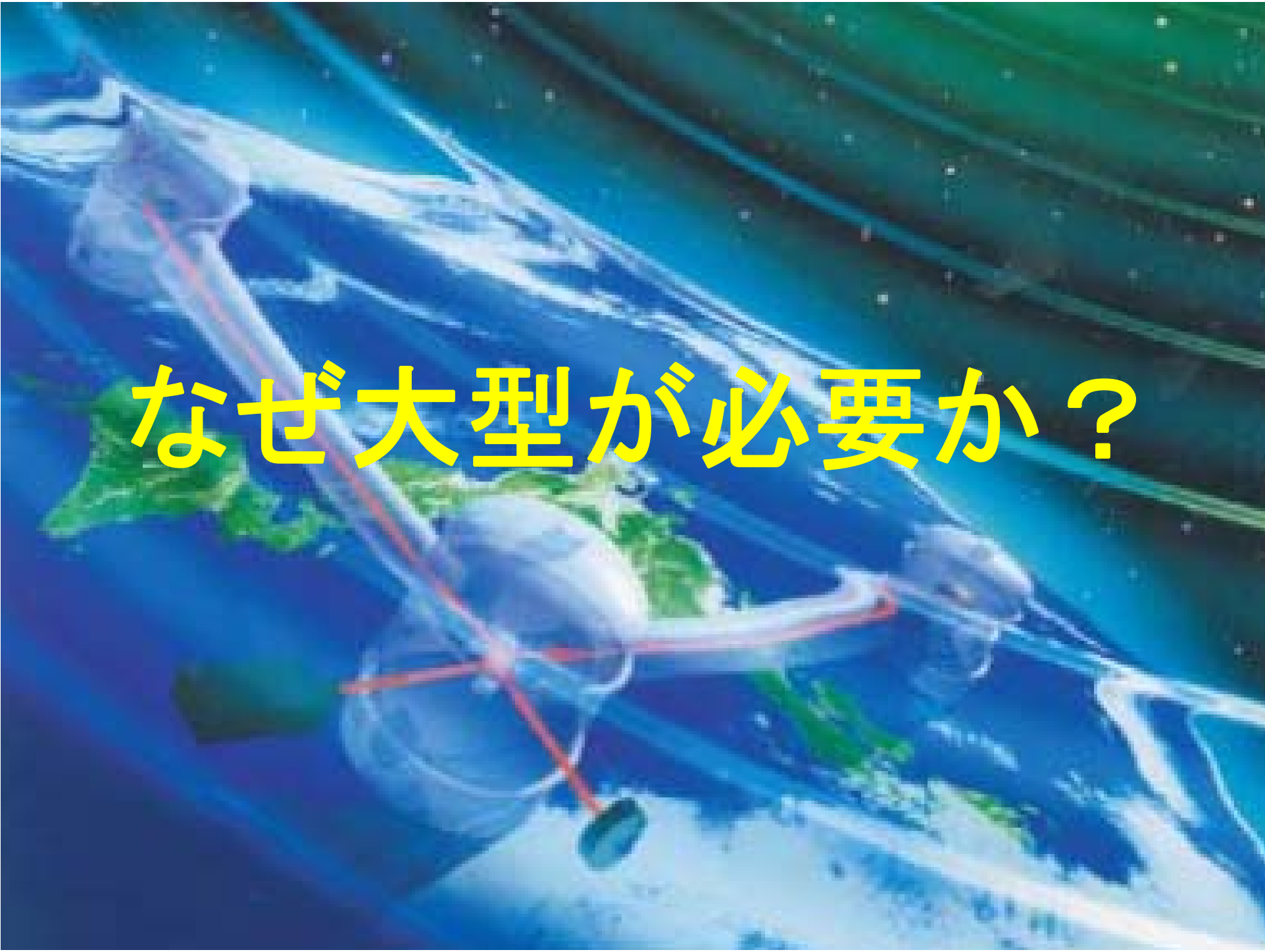
耳をすませば? 📢

音シミュレーション：
辰巳大輔（国立天文台）

イラスト：Sora

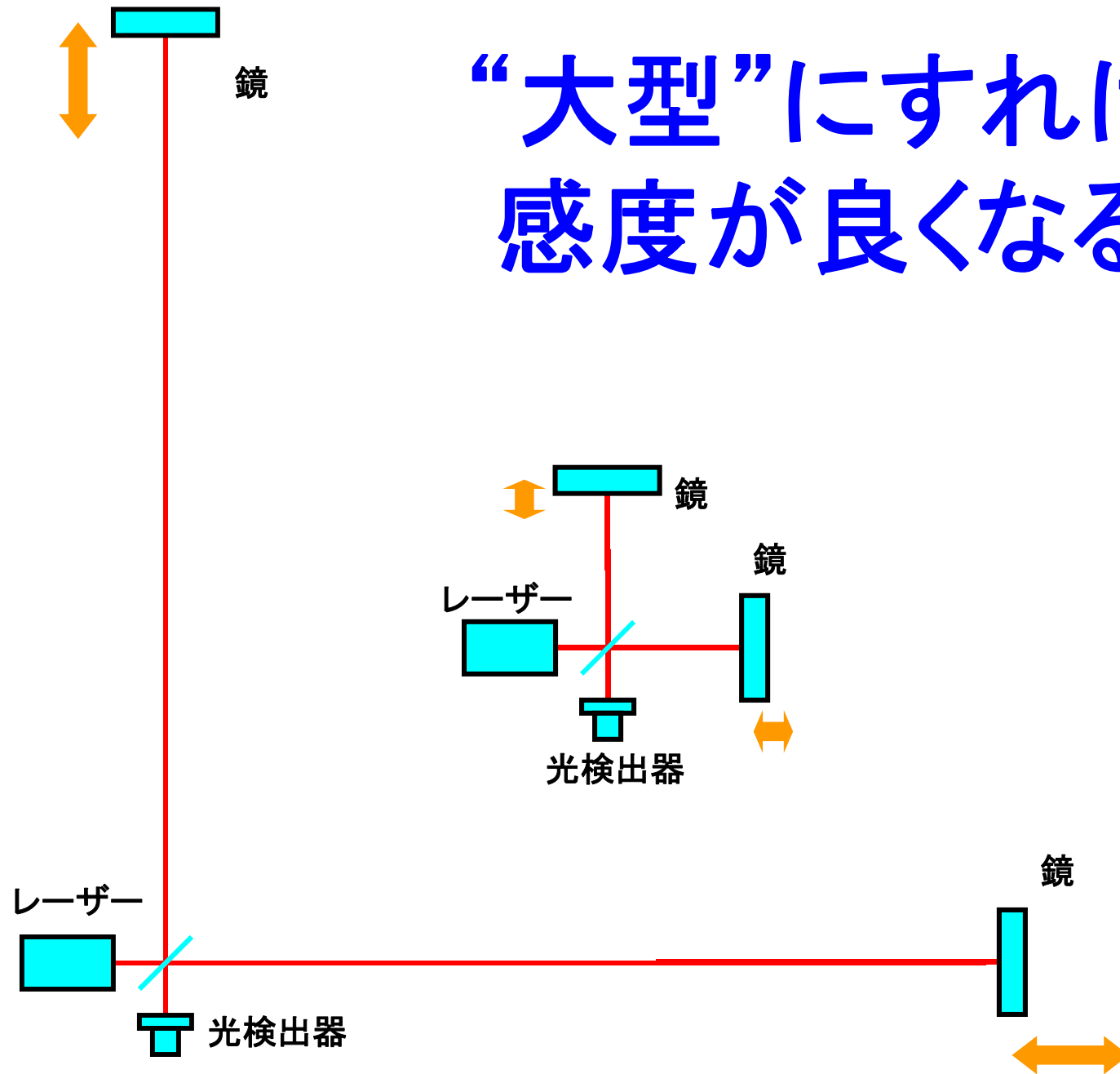
レーザー干渉計による 重力波検出の原理



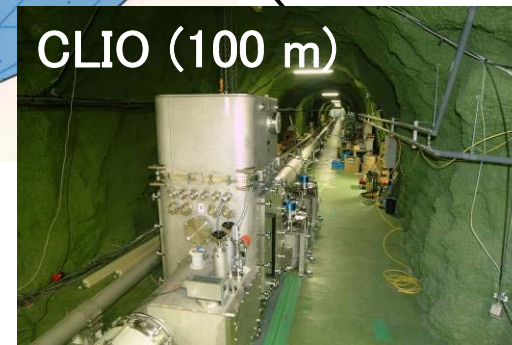
A futuristic space station or satellite is depicted in orbit above the Earth's surface. The station features a central white spherical module connected to various arms and solar panel arrays. A prominent red line, possibly a laser or communication beam, extends from the station towards the Earth. The background shows the curvature of the planet with green landmasses and blue oceans, set against a deep blue space filled with stars and streaks of light. The text 'なぜ大型が必要か？' is overlaid in the center in a bold yellow font.

なぜ大型が必要か？

“大型”にすれば
感度が良くなる



世界の大型干渉計

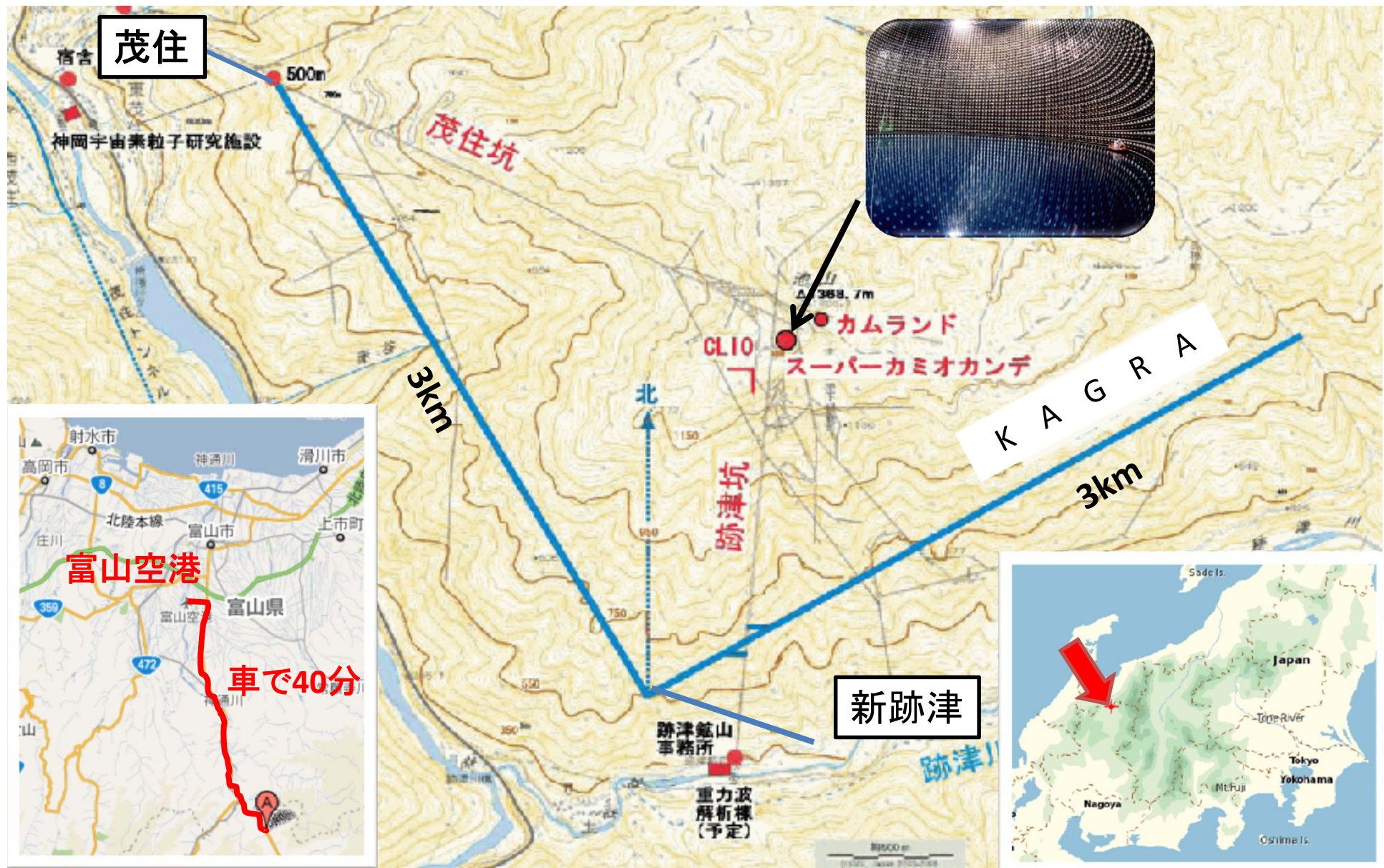


KAGRA

重力波を検出し
重力波天文学を創成する



神岡



検出が期待される重力波源

- 中性子連星の合体
- ブラックホール連星の合体
- 超新星爆発:
- パルサー

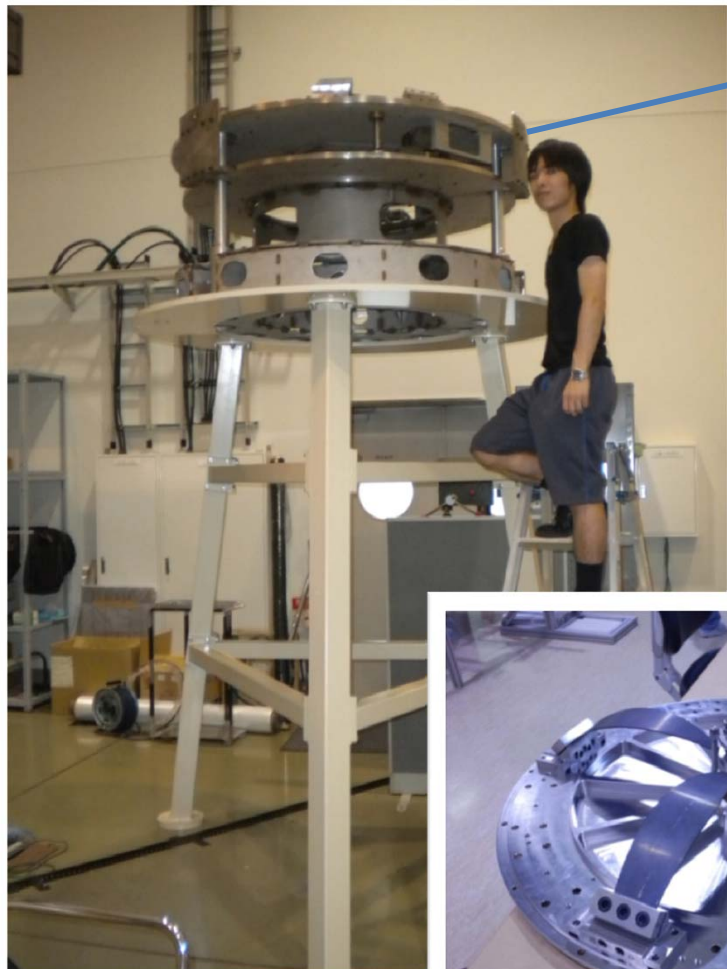
発破(動画)



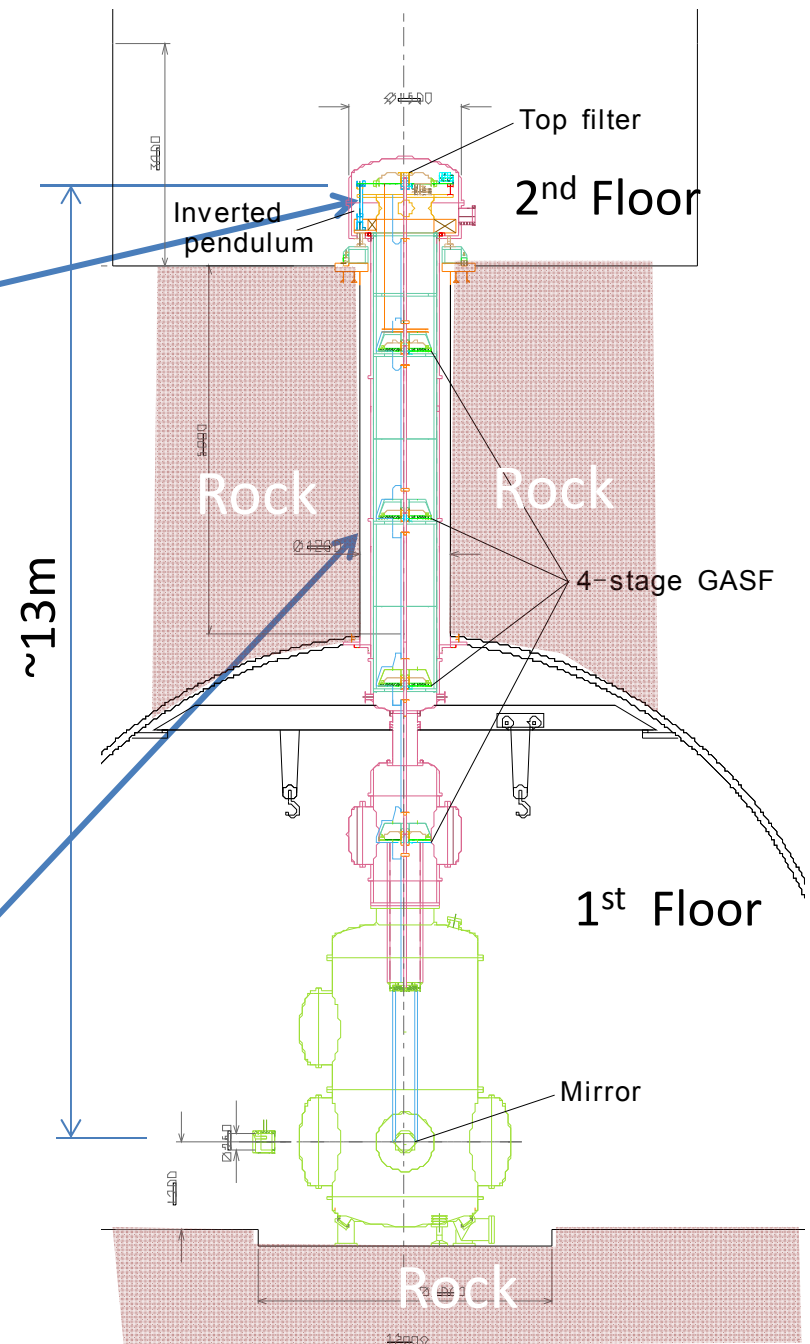
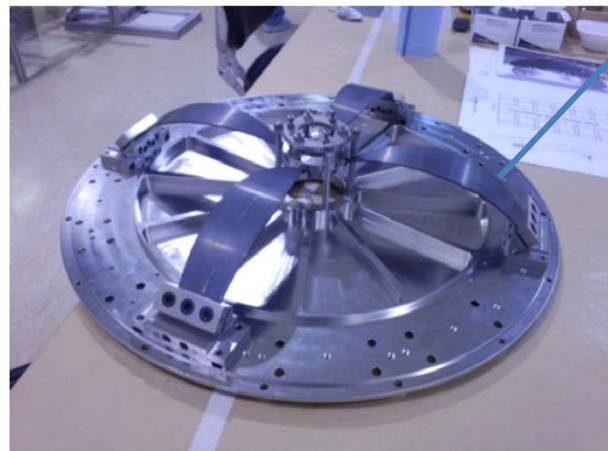
湧水(動画)



防振システム



Prototypes

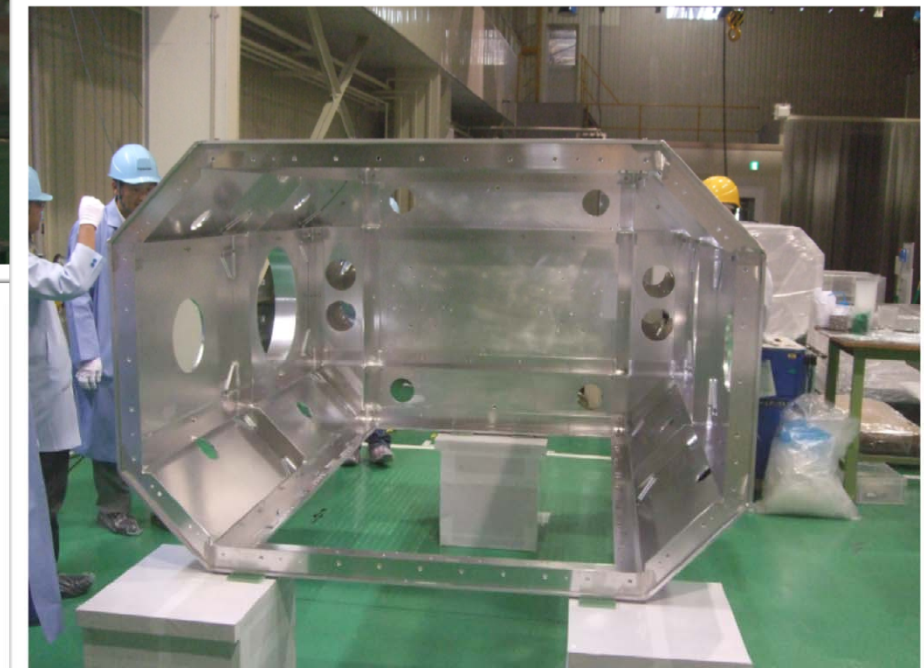


クライオスタット

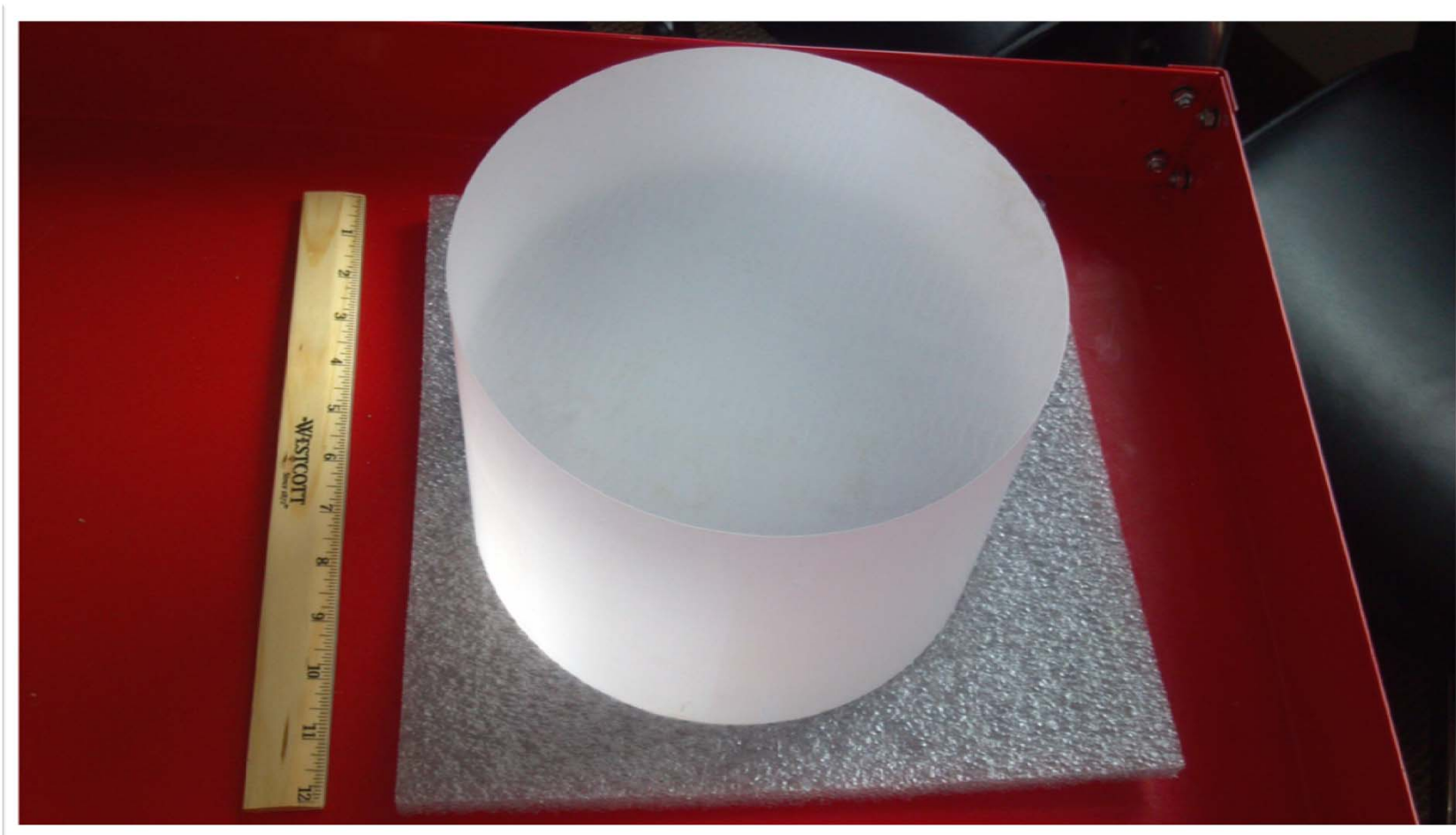


クライオスタット

熱シールド



サファイアミラー



22 cm ϕ , 15 cmt

さらに将来は？

問：もっと大きく？

答：宇宙へ！

スペース重力波アンテナ DECIGO計画



スペース重力波アンテナDECIGO

Deci-hertz Interferometer Gravitational Wave Observatory

アーム長: 1000 km

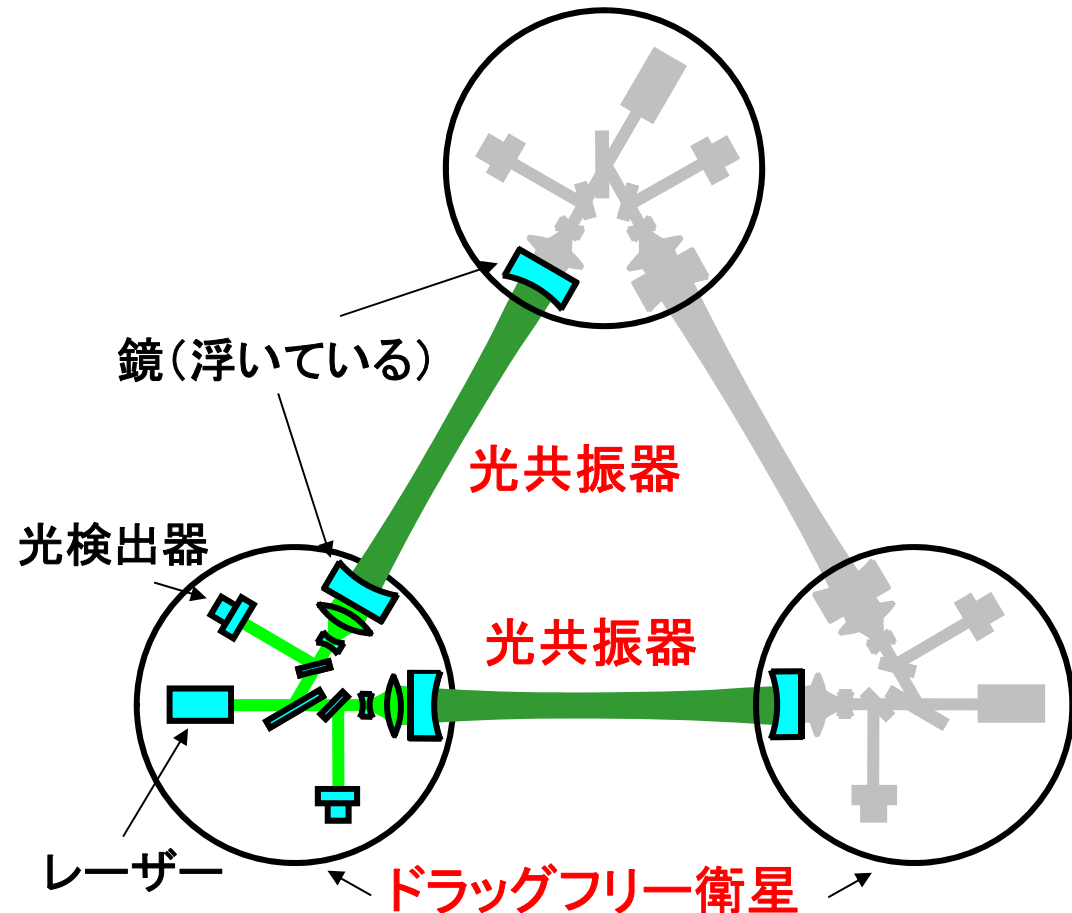
ミラー直径: 1 m

レーザー波長: 532 nm

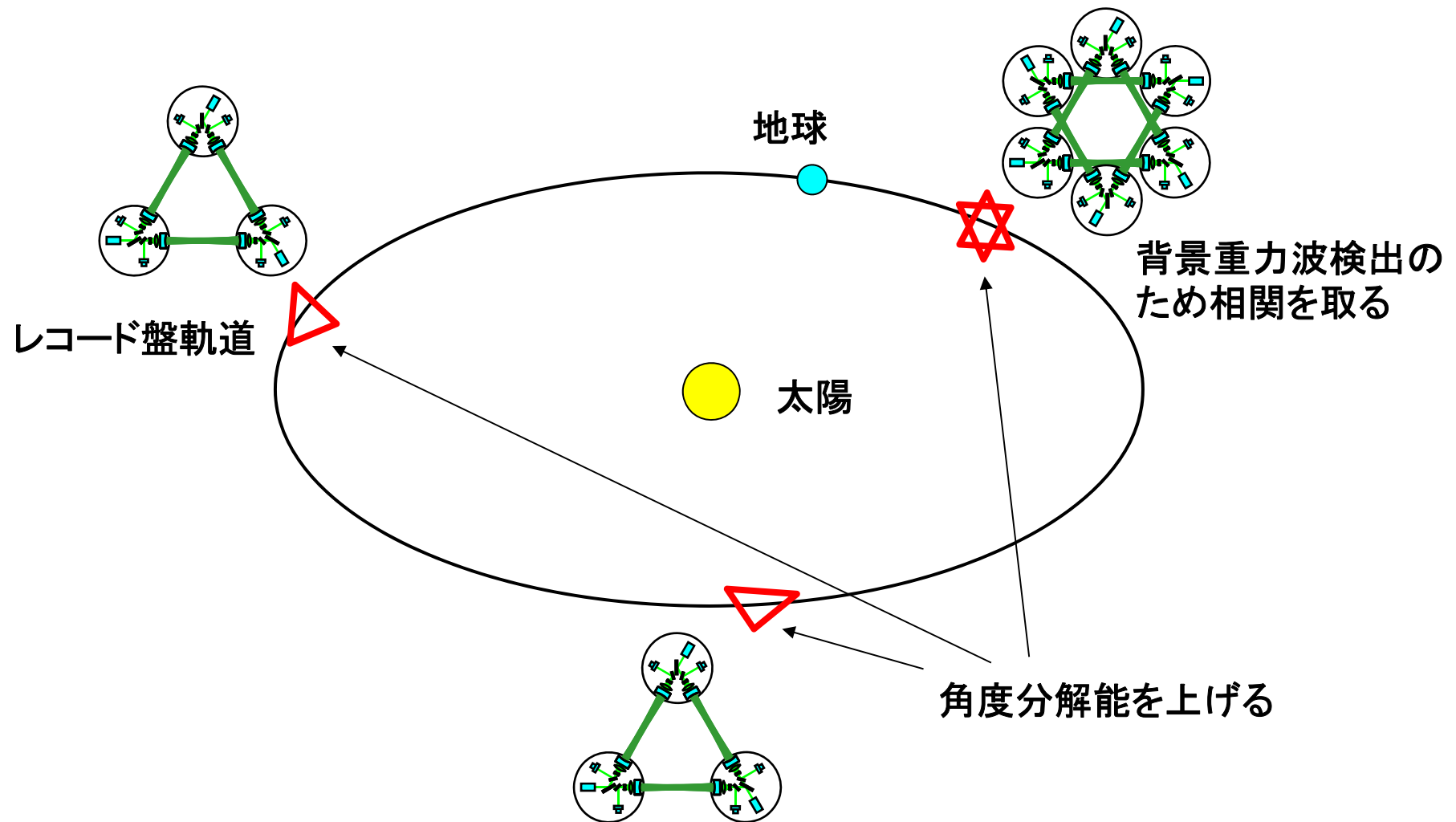
レーザーパワー: 10 W

ミラー質量: 100 kg

干渉計3台で1クラスター



軌道とコンステレーション(案)



期待されるサイエンス

- インフレーション(宇宙誕生後 10^{-35} 秒後)からの重力波の検出
- 宇宙の膨張加速度の計測
→ ダークエネルギーの解明
- ダークマターの探索
- 余剰次元存在の検証

重力波天文学の 夜明けは近いぜよ！



イラスト：
Sora

東京大学 特に柏キャンパスの紹介



東京大学の概要



濱田純一総長 2009年4月より

創立明治10年（1877年）

教職員・学生数（平成24年5月1日現在）

●教員5,772名、職員4,269名、総数10,041名

●学部学生 14,130名

（外国人留学生232名、女子学生2,603名いずれも内数）

●大学院学生 14,076名

（外国人留学生2,624名、女子学生3,903名いずれも内数）

日本の大学生数 約250万人 東京60万人 千葉10万人

大学院生数 約26万人 東京7万人 千葉1万人

年間収入・支出予算：2,356億円（平成24年度）

キャンパス：東京ドームの建築面積46,755m²

本郷地区（東京都文京区本郷）：559,176m²

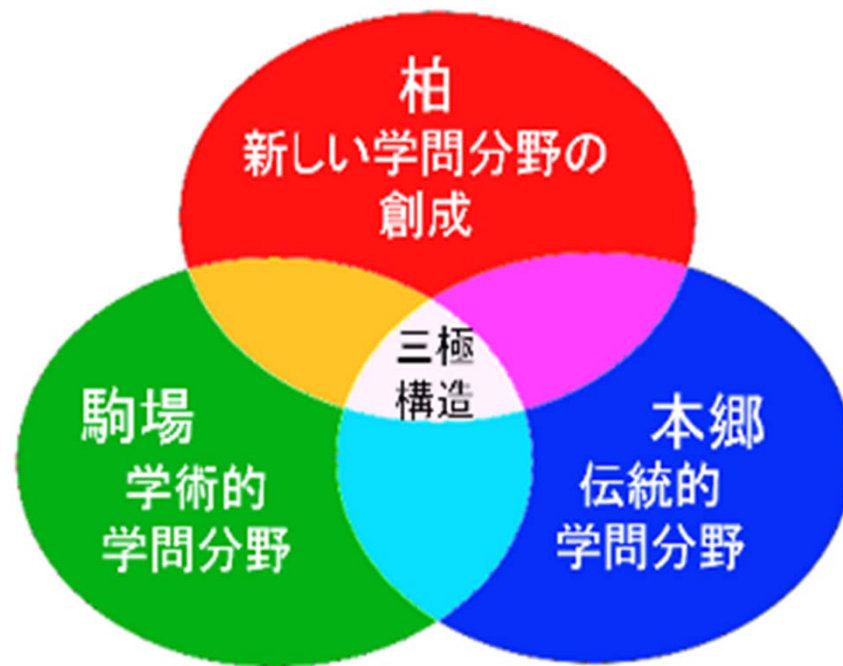
駒場地区（東京都目黒区駒場）：352,180m²

柏地区（千葉県柏市柏の葉）：396,391m²

総面積：326km²（99%を演習林等が占める→日本の国土377,835km²の1/1000）

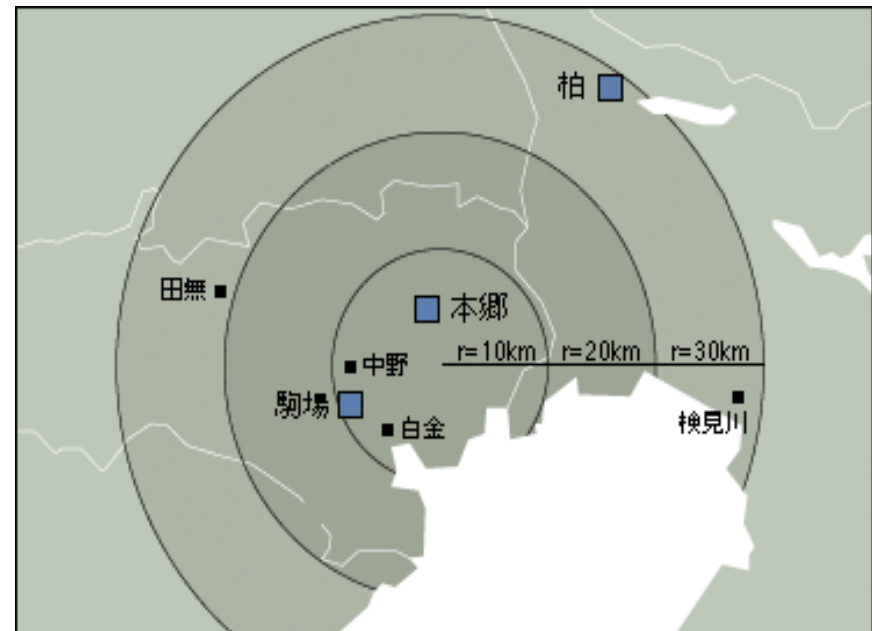
東京大学の三極構造

大学院生



学部1, 2年生
大学院生、他

学部3, 4年生
大学院生



研究科・教育部		入学定員	本学	志願者数 他大学	計	本学	入学者数 他大学	計
人文社会系		193	119	312	431	68	47	115
		(約6)			(21) 62			(1) 9
教育学		88	48	253	301	32	59	91
					68			16
法学政治学	総合法政	20	19	84	103	9	10	19
					9			
	法曹養成 *	240	273	646	919	121	108	229
		(若干名)			(72) 131			(22) 27
経済学		81	57	152	209	32	42	74
					18			4
総合文化		269	111	507	618	82	156	238
		(約10)			(34) 105			(9) 16
理学系		418	226	419	645	188	155	343
					9			
工学系		619	814	1,048	1,862	612	251	863
					25			3
	原子力 *	15	2	19	21	0	14	14
					17			14
農学生命科学	農学	293	191	217	408	159	111	270
		(若干名)			(12) 10			(6) 6
医学系	保健学	46	7	63	70	5	29	34
					35			12
	医科学	20	12	56	68	7	16	23
					3			
公共健康医学 *		30	8	76	84	3	27	30
					60			25
薬学系		100	79	47	126	69	27	96
		(若干名)						
数理科学		53	46	102	148	29	17	46
新領域創成科学		366	209	853	1,062	111	310	421
情報理工学系		158	203	210	413	155	59	214
					5			1
学際情報		100	42	191	233	21	59	80
		(若干名)			(26) 38			(8) 12
公共政策学 *		110	98	211	309	38	43	81
		(若干名)			(19) 19			(6) 6
計		3,219	2,564	5,466	8,030	1,741	1,540	3,281
					(184) 647			(52) 164

大学院学生の入学状況

東大HPより抜粋
平成24年5月1日現在

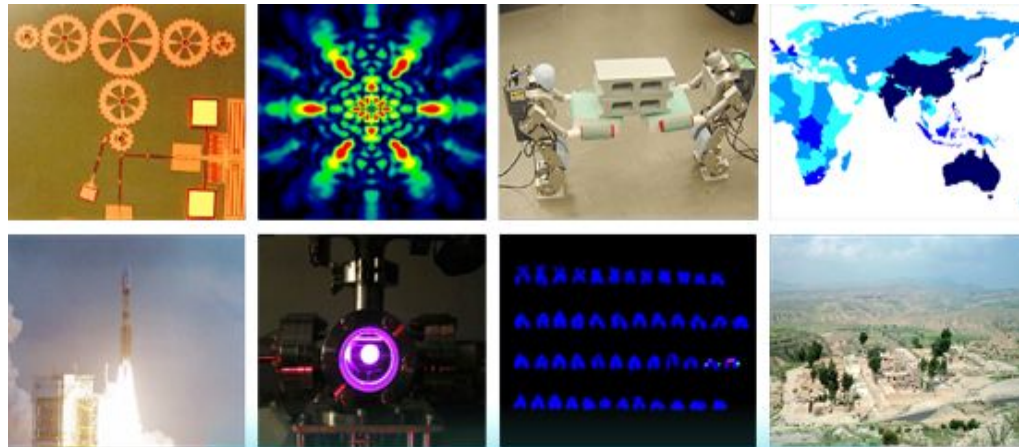
東京大学大学院への他大学からの進学数

1. 早稲田大学 73人
2. 東京理科大学 56人
3. 東京工業大学 52人
4. 横浜国立大学 39人
5. 東北大学 37人
6. 千葉大学 35人
7. 国際基督教大学 32人
8. 首都大学東京 30人
9. 明治大学 27人
10. 東京農工大学 25人

出典：http://2chreport.net/rank_04.htm

柏キャンパスの特徴

素粒子・宇宙，物質，生命・医療，情報，環境・エネルギー，気象，海洋，複雑系，極限計測など**最重点**分野が集積



学融合

知の構造化を具体的に実現

柏キャンパスの部局等

