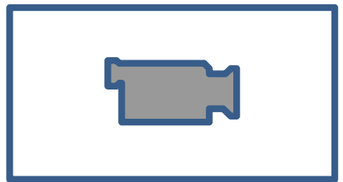
# さまざまな粒子のエネルギーのまとめ

| | | 桁 |
|---|---|---|
| 可視光の光子 | 数電子ボルト | 1 |
| レントゲン撮影のX線光子 | 数千電子ボルト | $10^3$ |
| 太陽宇宙線陽子 | 1億電子ボルト | $10^8$ |
| LHC加速器の陽子 | 14兆電子ボルト | $10^{13}$ |
| 超新星衝撃波からの宇宙線陽子 | 1000兆電子ボルト | $10^{15}$ |
| これまでに観測された宇宙線の最高エネルギー | 3垓（がい）電子ボルト | $10^{20}$ |

万、億、兆、京、垓（がい）、秭（じょ）、穣（じょう）、…

1垓（がい）=1京×1万=1兆×1億

宇宙線の可視化

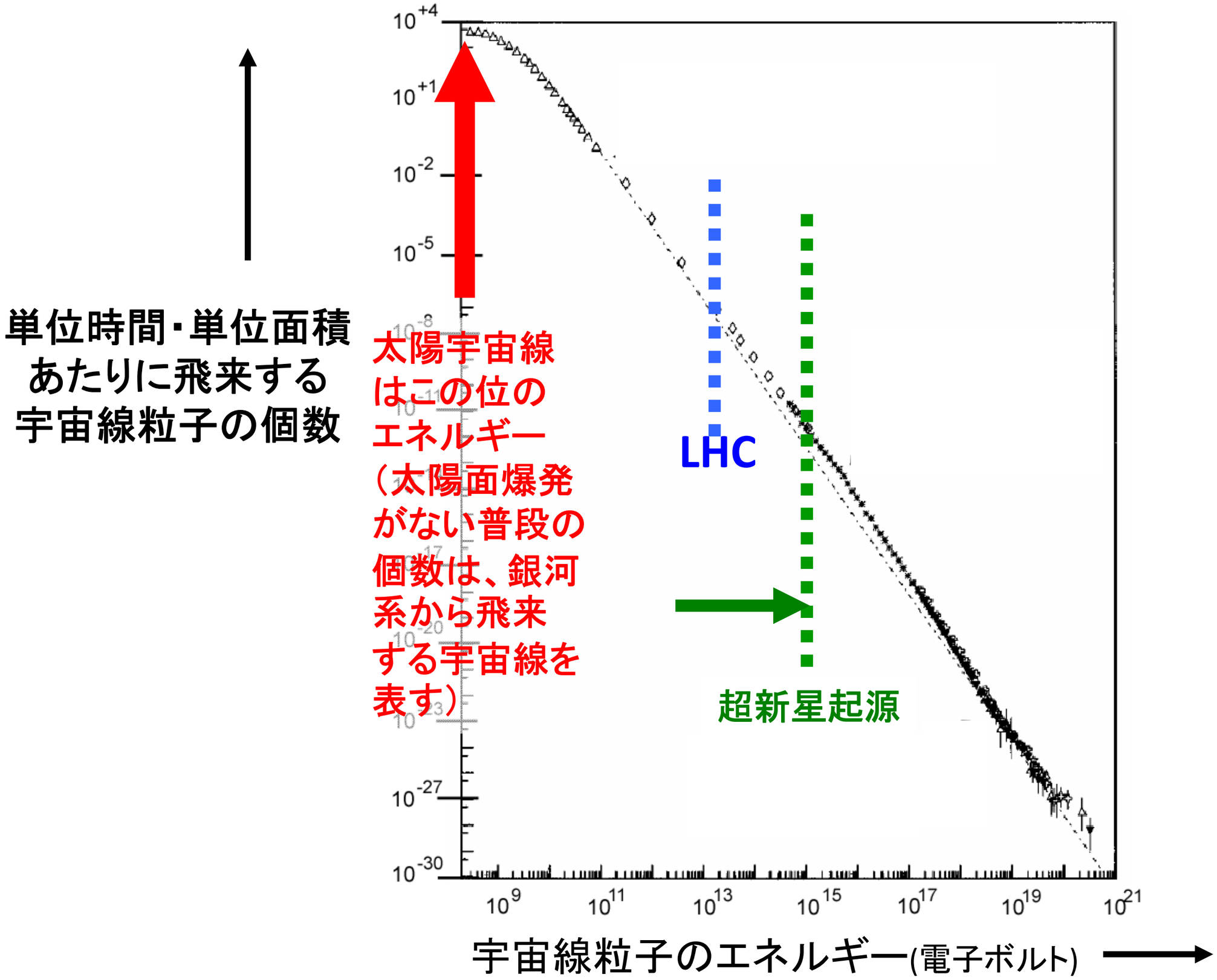


# スパークチェンバー
## 宇宙からやってきた宇宙線を見てみよう

(柏の東大宇宙線研究所6Fに設置されており、10月の一般公開時に実物を眺めることができます。)

宇宙線とは宇宙から地球に降り注いでいる原子核や素粒子です。この地球上にはいつも膨大な数の宇宙線が降り注いでいて、私たちの体を通り抜けているのですが、私たちはそれを感じることは出来ません。
このスパークチェンバーはその宇宙線を実際に目に見えるようにしたものです。飛び込んで通り抜けていく様子が、反応したときの音とともに光って見えます。もちろん、反応を起こしたものしか見えませんので、実際に降ってくるものの極く一部をみていることになります。

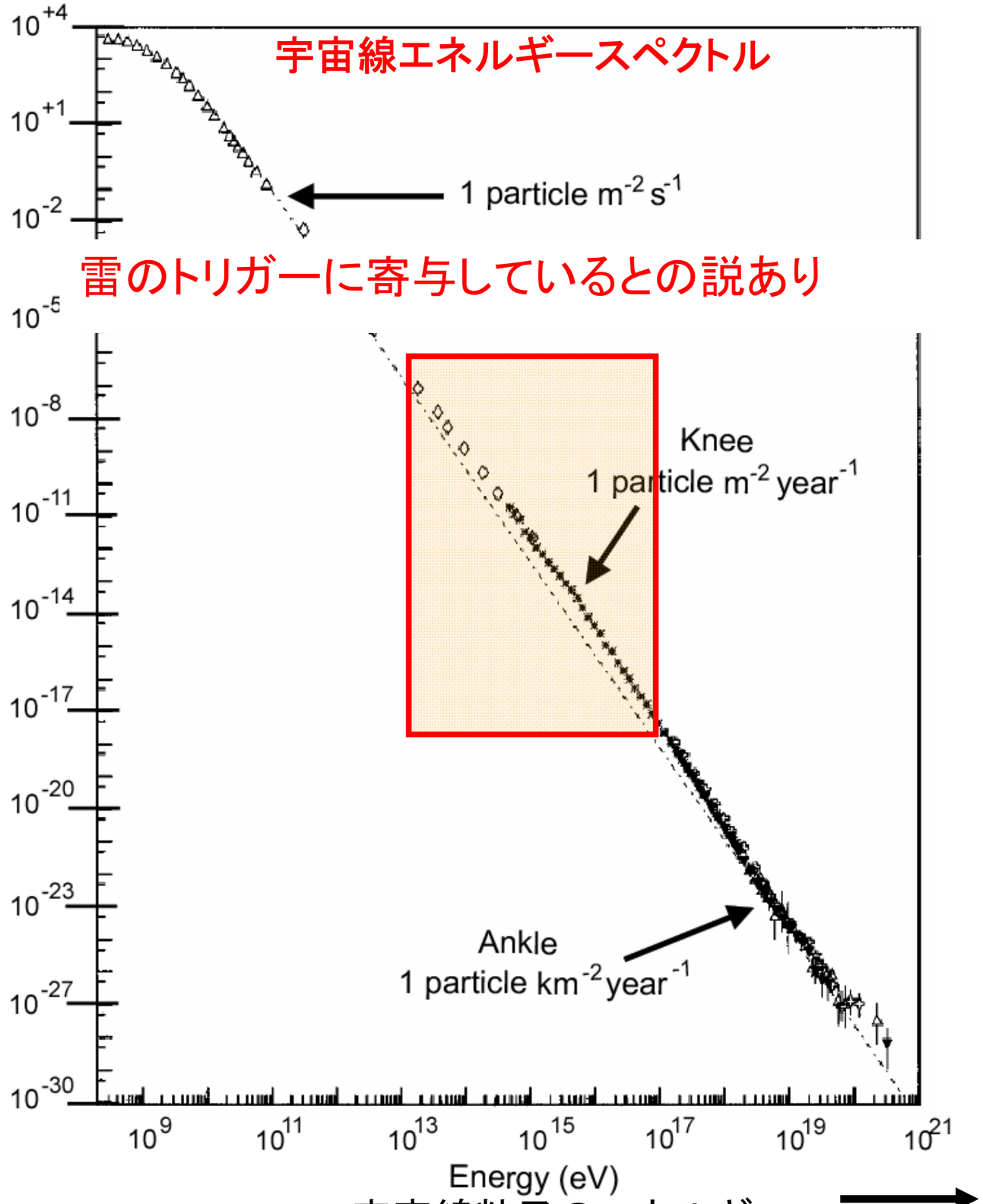
# 宇宙線粒子のエネルギー別の到来数（スペクトル）



宇宙線研究の成果は単なるアカデミックな興味にとどまるのだろうか？

単位時間・単位面積あたりに飛来する宇宙線粒子の個数

http://gigazine.net/news/




宇宙線粒子のエネルギー

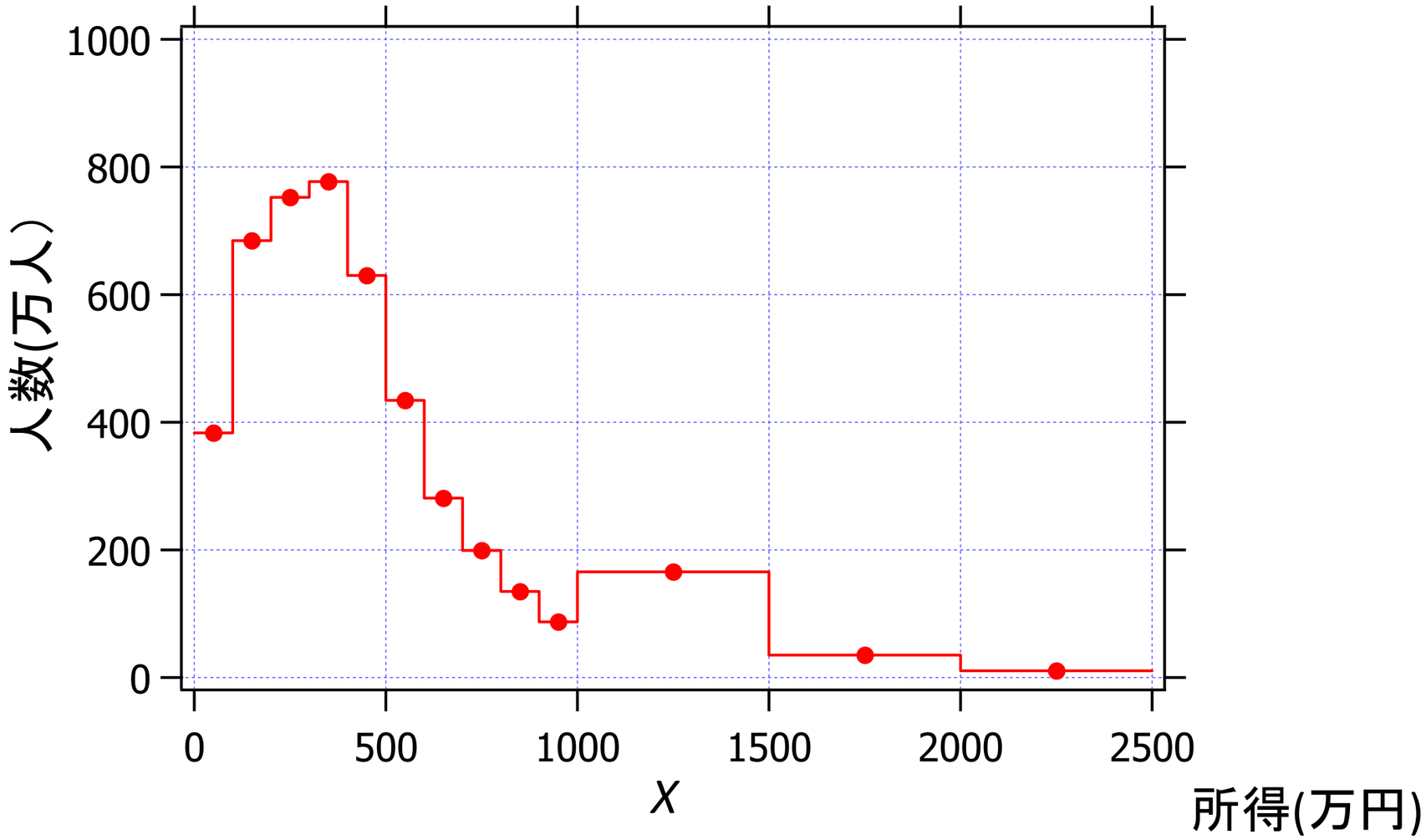
# 「エネルギースペクトル」の概念を理解するために、日常的な例を探してみました:

2008年度年間給与所得の分布（国税庁HPより）

| 区分 | 人数 |
|---|---|
| 100万円以下 | 383.1 万人 |
| 100万円超　200万円以下 | 684.4 |
| 200万円超　300万円以下 | 752.0 |
| 300万円超　400万円以下 | 777.1 |
| 400万円超　500万円以下 | 630.0 |
| 500万円超　600万円以下 | 434.7 |
| 600万円超　700万円以下 | 281.1 |
| 700万円超　800万円以下 | 199.1 |
| 800万円超　900万円以下 | 134.8 |
| 900万円超　1000万円以下 | 87.5 |
| 1000万円超　1500万円以下 | 165.6 |
| 1500万円超　2000万円以下 | 35.5 |
| 2000万円超　2500万円以下 | 10.3 |
| 2500万円超 | 12.1 |

アイデアのもと…柴田晋平著「宇宙の灯台パルサー」恒星社厚生閣12章参照

2008年度年間給与所得の分布（国税庁HPより）



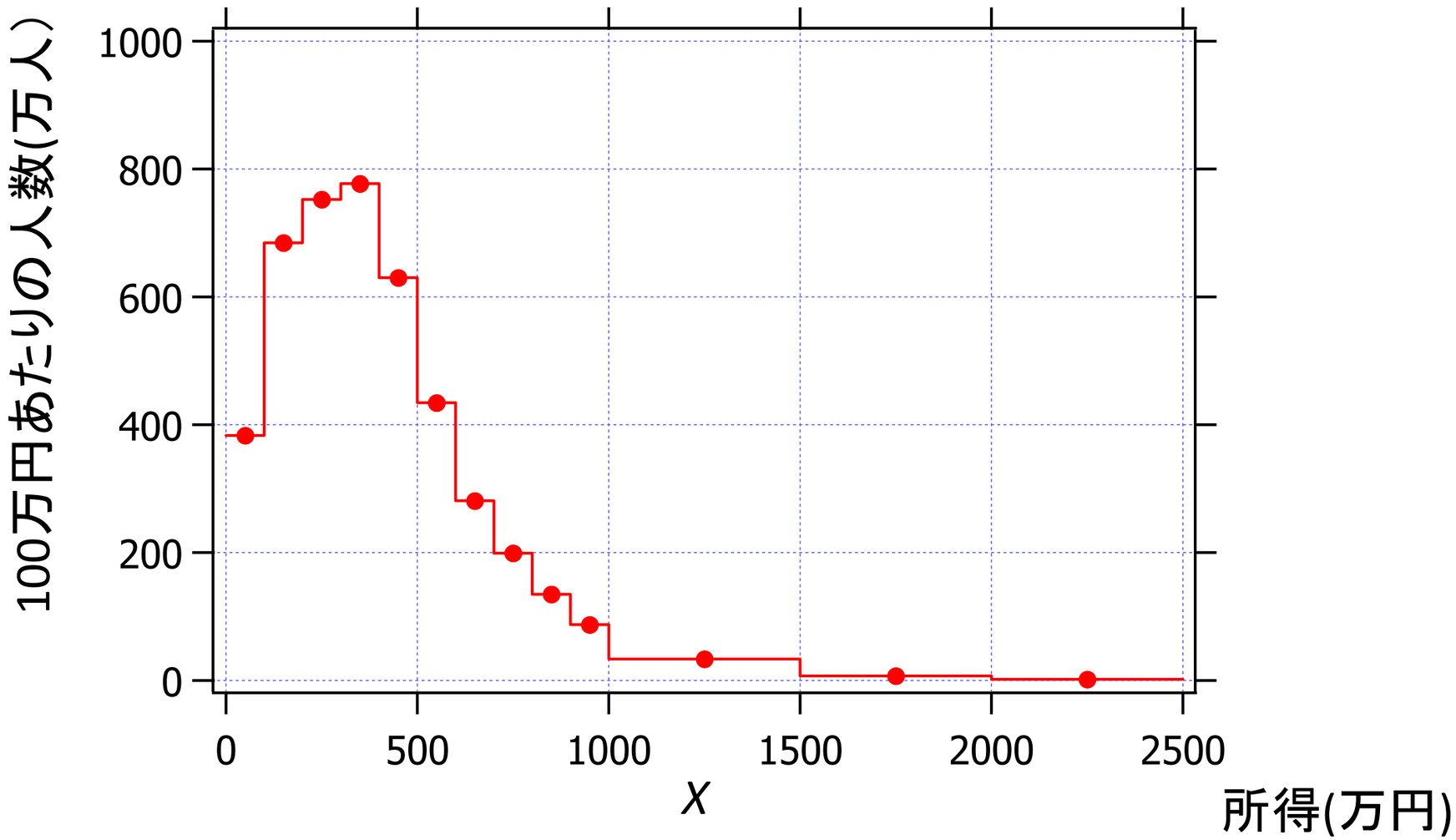
2008年度年間給与所得の分布（国税庁HPより）

| 区分 | 人数 |
|---|---|
| 100万円以下 | 383.1 万人 |
| 100万円超　200万円以下 | 684.4 |
| 200万円超　300万円以下 | 752.0 |
| 300万円超　400万円以下 | 777.1 |
| 400万円超　500万円以下 | 630.0 |
| 500万円超　600万円以下 | 434.7 |
| 600万円超　700万円以下 | 281.1 |
| 700万円超　800万円以下 | 199.1 |
| 800万円超　900万円以下 | 134.8 |
| 900万円超　1000万円以下 | 87.5 |
| 1000万円超　1500万円以下 | 165.6 ÷5= 33.1 |
| 1500万円超　2000万円以下 | 35.5 ÷5= 7.1 |
| 2000万円超　2500万円以下 | 10.3 ÷5= 2.1 |
| 2500万円超 | ~~12.1~~ |

100万円あたりに揃えるべき

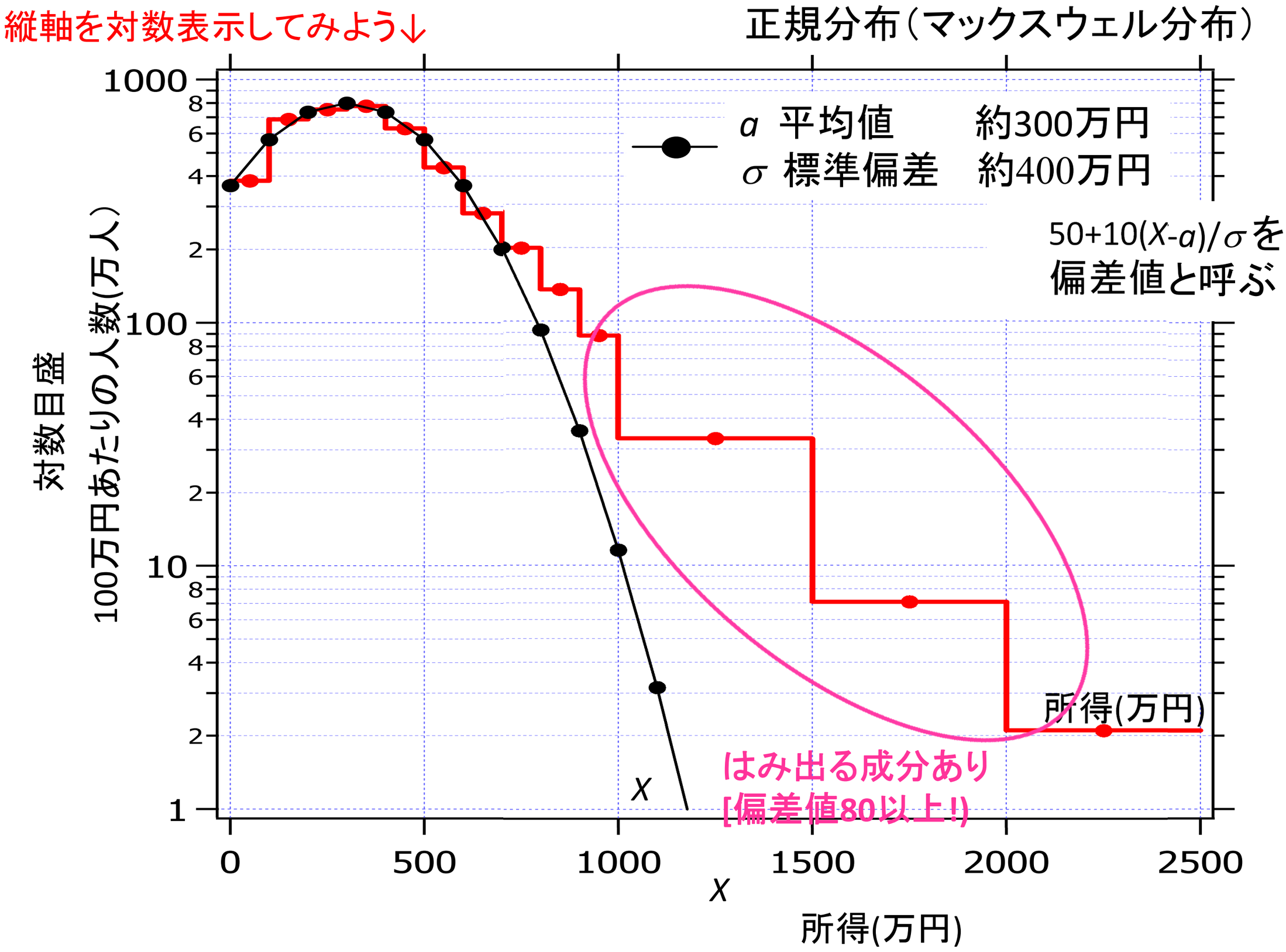
2008年度年間給与所得の分布（国税庁HPより）

100万円あたりに揃える



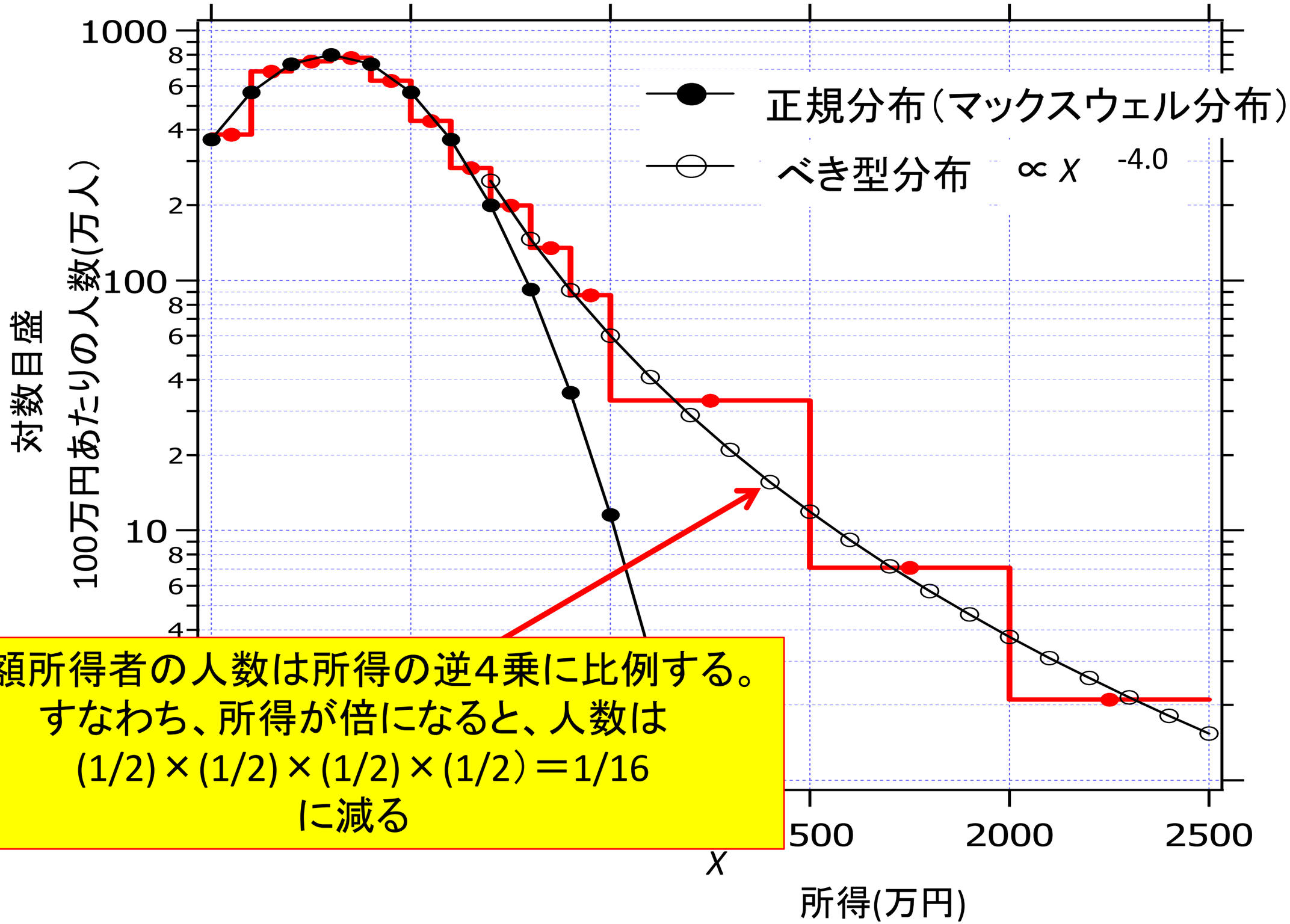

高額所得者の分布をもう少し詳しく見るには？
→縦軸を対数表示してみよう（次頁）

2008年度年間給与所得の分布（国税庁HPより）



2008年度年間給与所得の分布

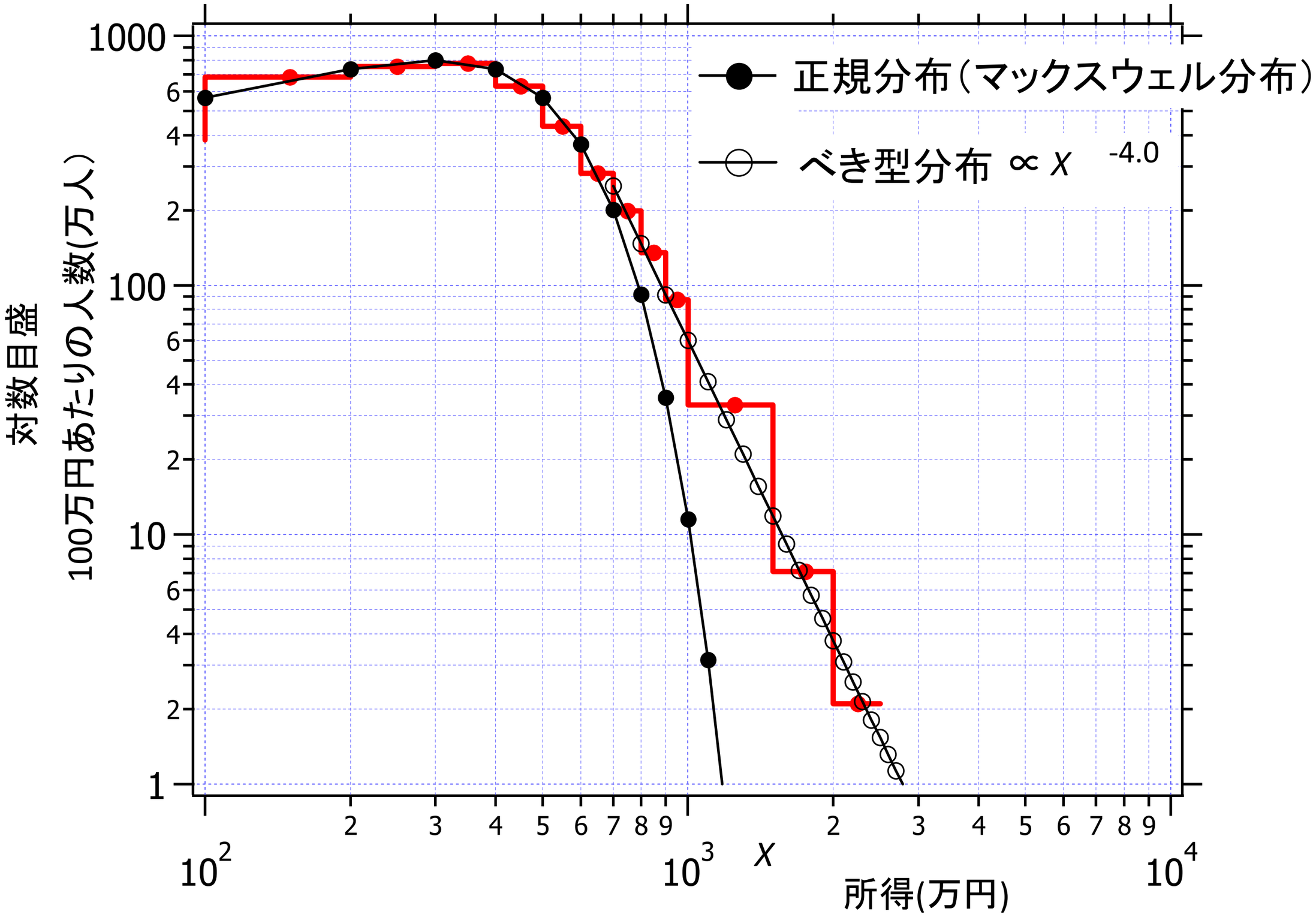
縦軸を対数表示してみよう↓



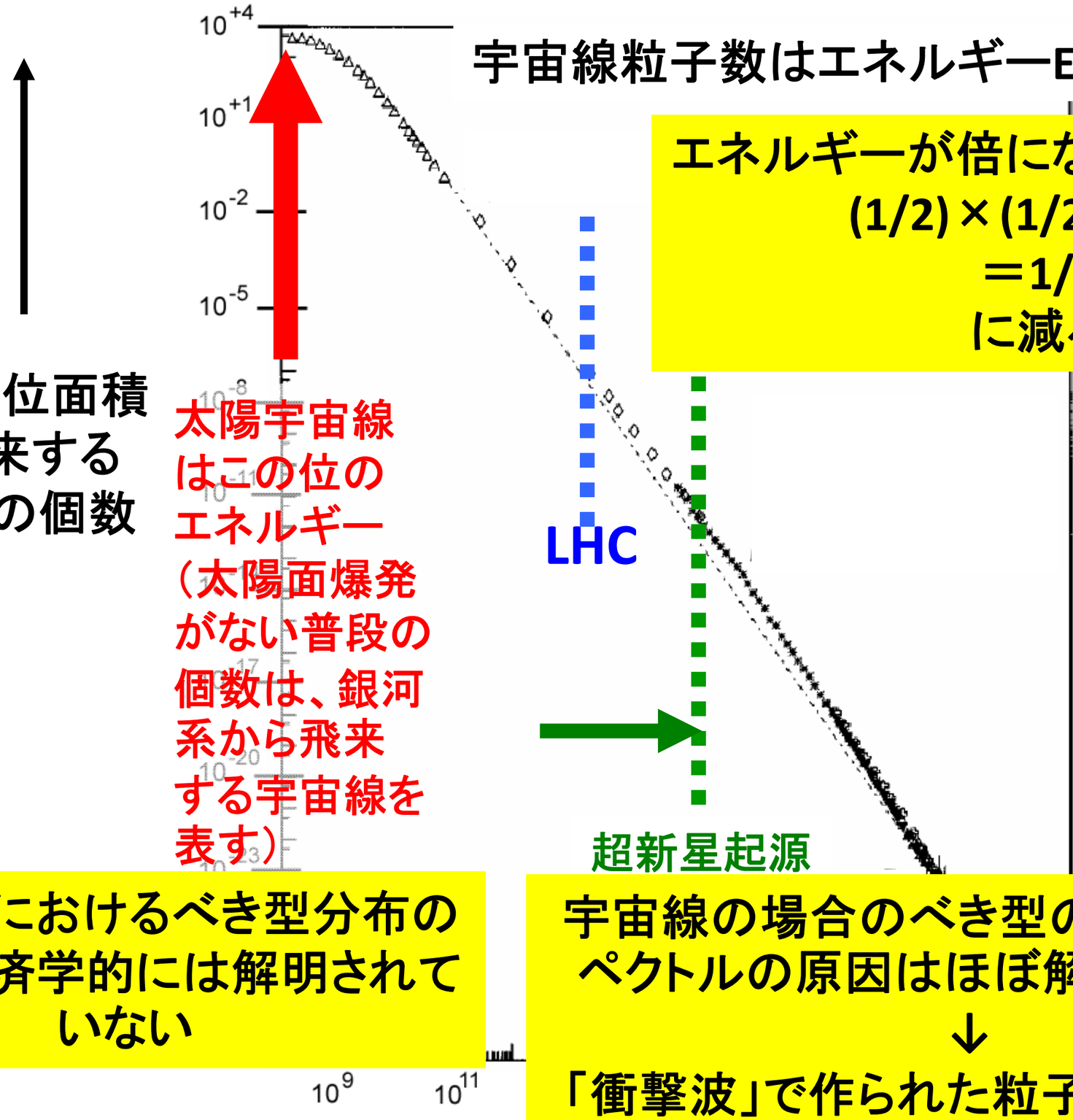

高額所得者の人数は所得の逆4乗に比例する。
すなわち、所得が倍になると、人数は
(1/2)×(1/2)×(1/2)×(1/2)＝1/16
に減る

2008年度年間給与所得の分布（国税庁HPより）

“専門的”には横軸も対数目盛にする



# 宇宙線粒子のエネルギー別の到来数（スペクトル）




宇宙線粒子数はエネルギーEのほぼ逆3乗

エネルギーが倍になると、粒子数は
(1/2)×(1/2)×(1/2)
＝1/8
に減る

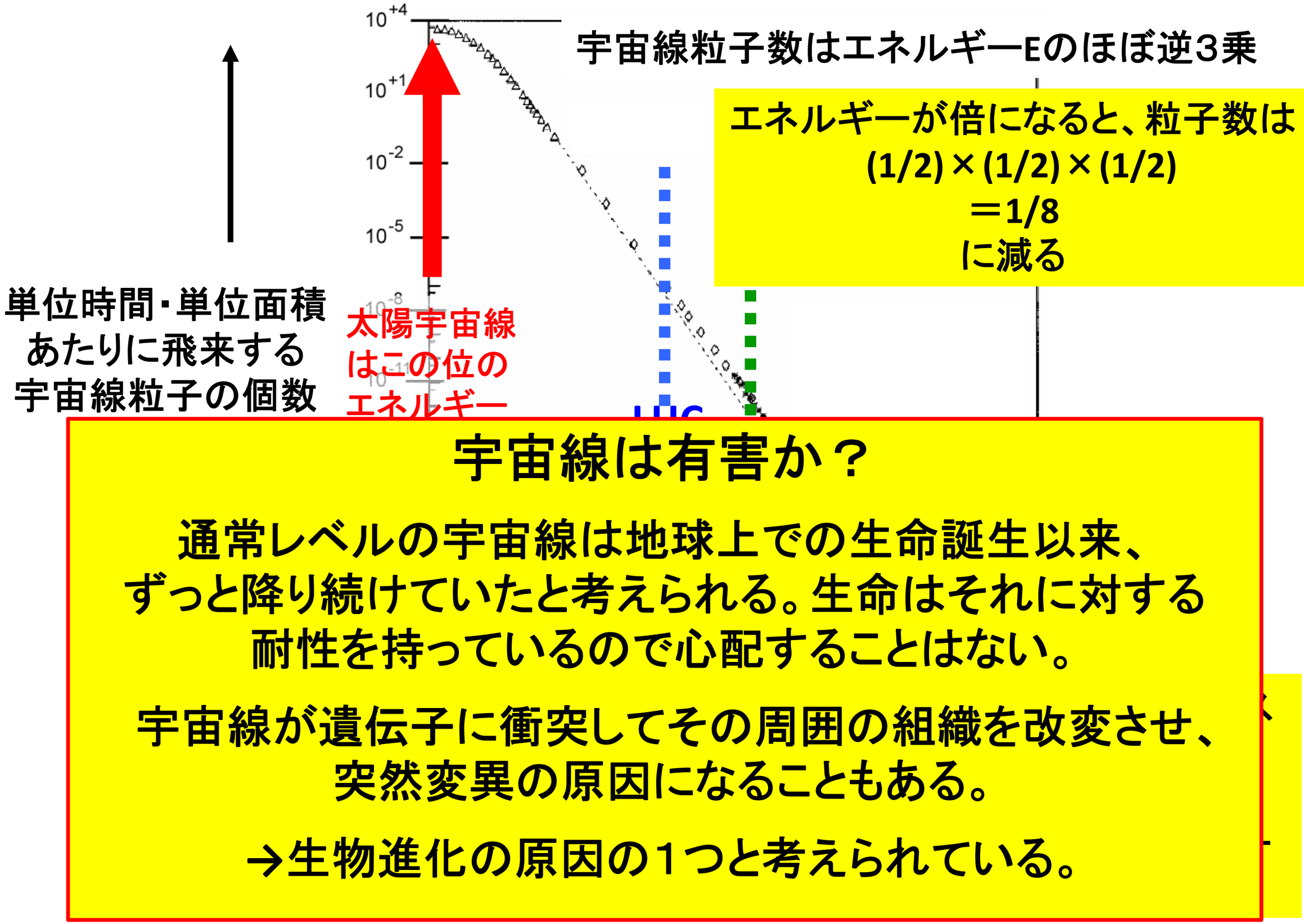
単位時間・単位面積
あたりに飛来する
宇宙線粒子の個数

太陽宇宙線
はこの位の
エネルギー
（太陽面爆発
がない普段の
個数は、銀河
系から飛来
する宇宙線を
表す）

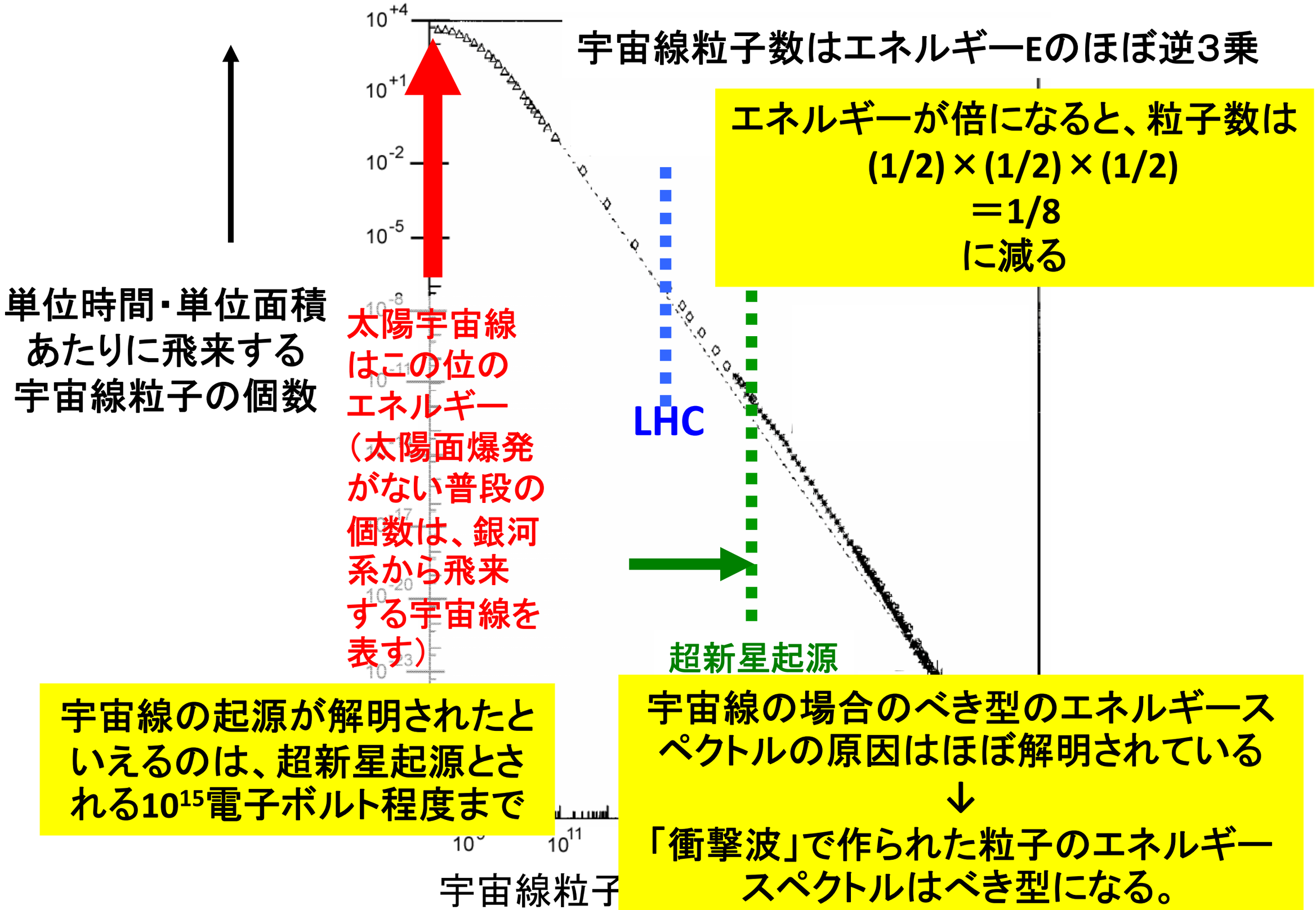
給与所得におけるべき型分布の
原因は経済学的には解明されて
いない

宇宙線の場合のべき型のエネルギースペクトルの原因はほぼ解明されている
↓
「衝撃波」で作られた粒子のエネルギースペクトルはべき型になる。

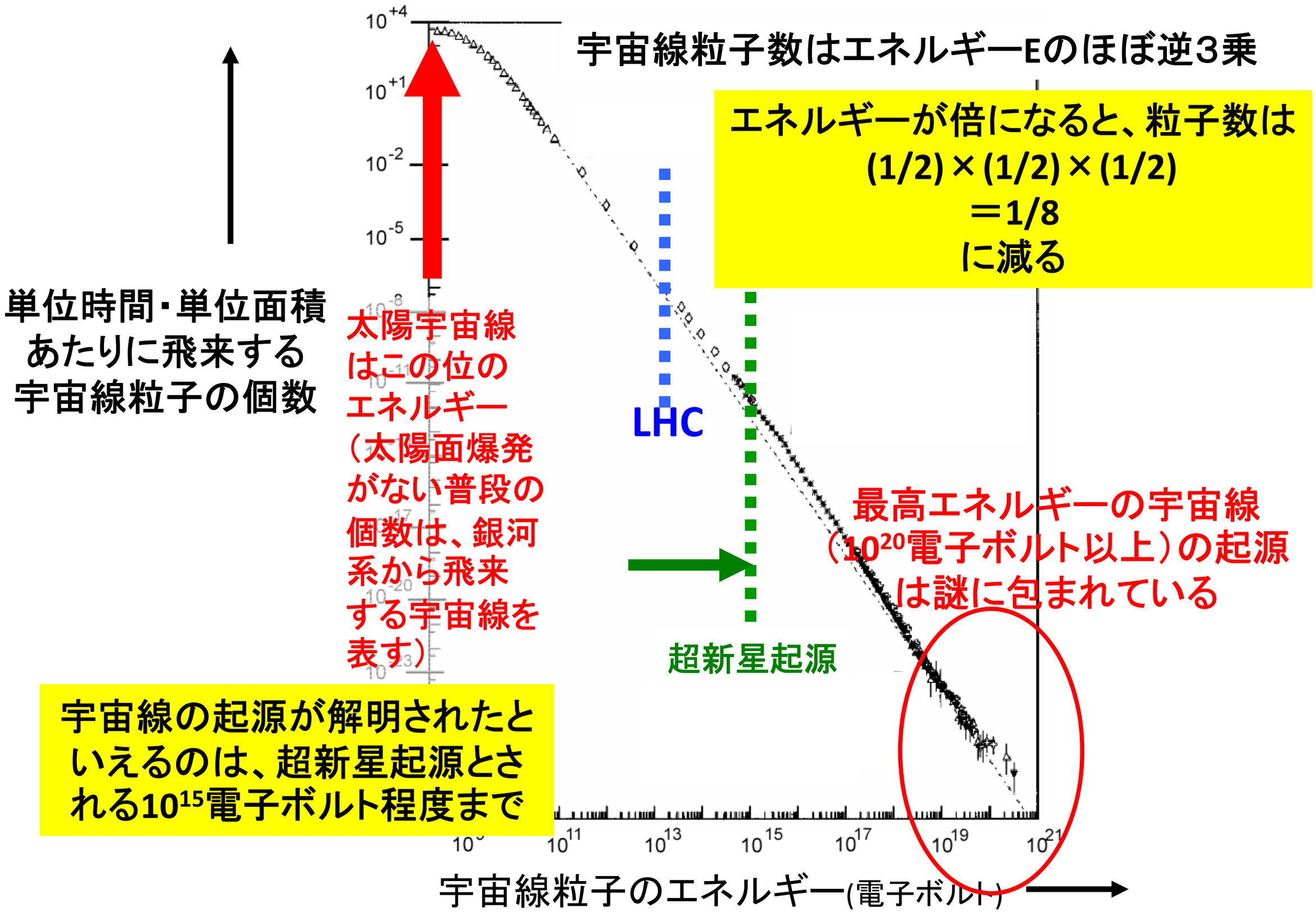
# 宇宙線粒子のエネルギー別の到来数（スペクトル）



# 宇宙線粒子のエネルギー別の到来数（スペクトル）



# 宇宙線粒子のエネルギー別の到来数（スペクトル）



# 最高エネルギーの宇宙線生成場所の候補：その1

## ガンマ線バースト

普通の超新星爆発　… 親星の質量が太陽の8-30倍程度
一方、それより重い親星の場合、超新星爆発に伴い中心にブラックホールが形成され、そこからの爆風がジェット状に噴き出す。ジェットの速度はほぼ光速に近く、その先端部には強力な衝撃波が形成される。

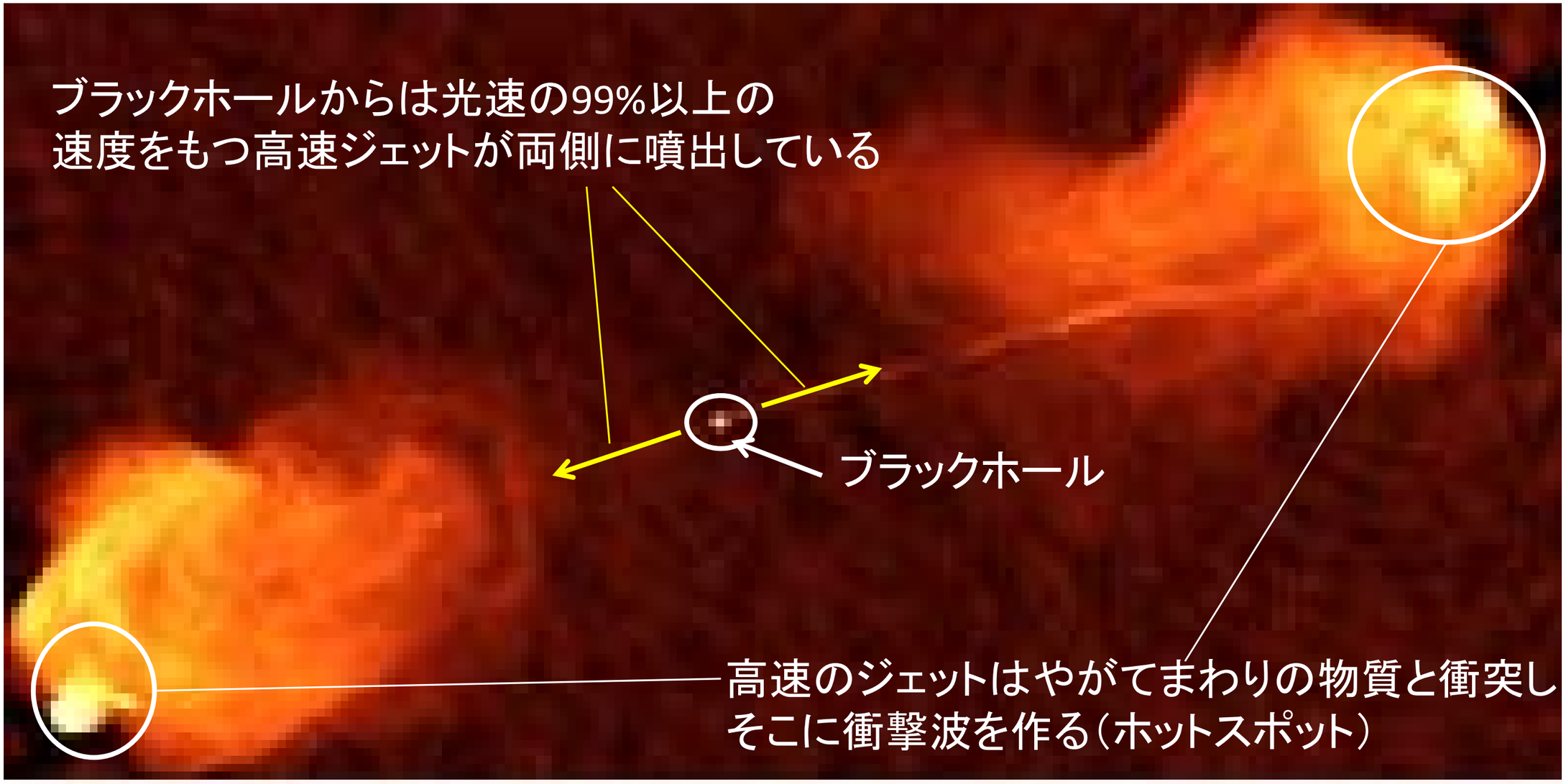
こうして形成された衝撃波において、最高エネルギーの宇宙線が作られる可能性がある

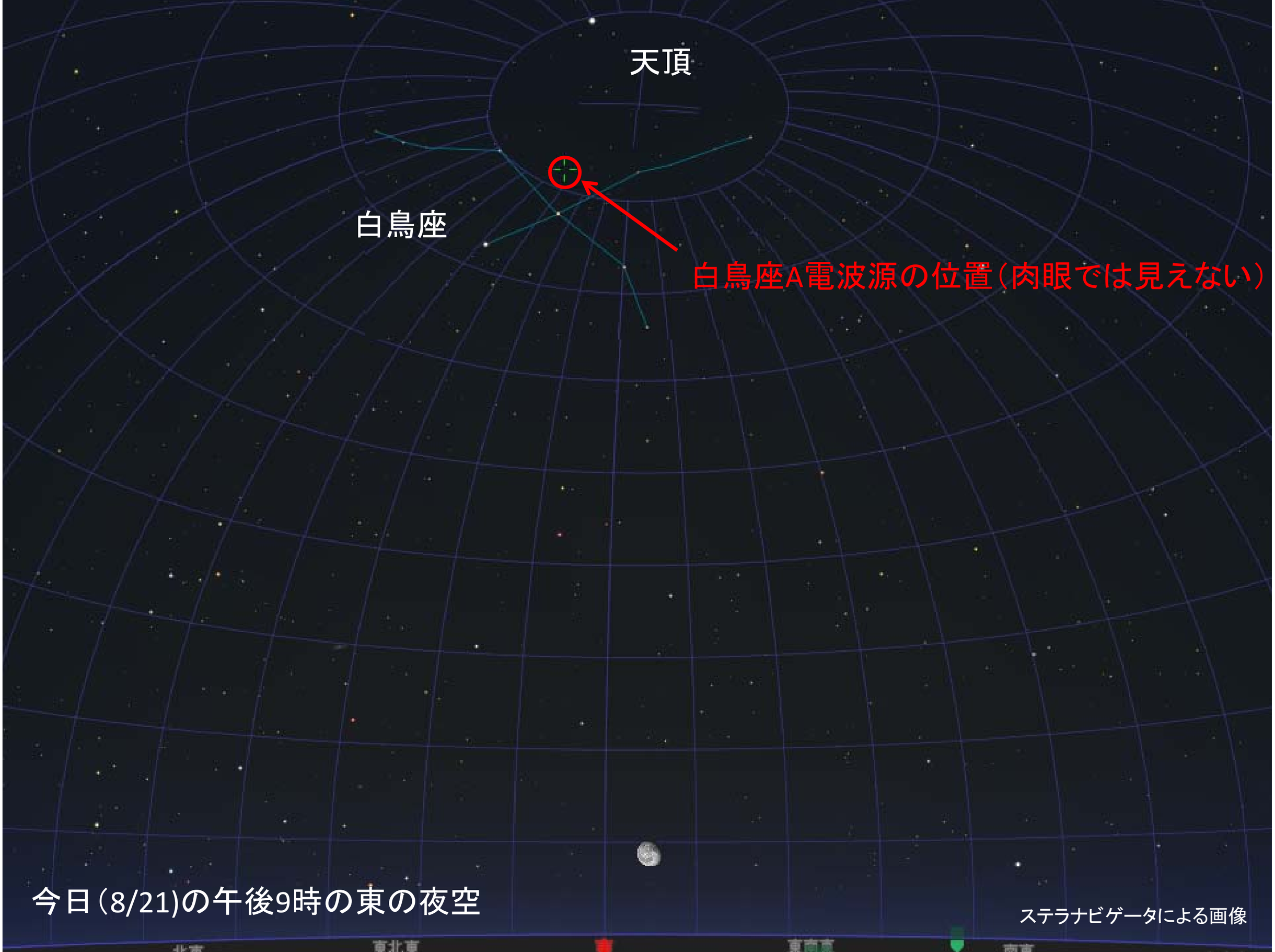
# 最高エネルギーの宇宙線生成場所の候補：その2

## 活動銀河核からの高速ジェット

例：白鳥座A電波源（距離7億3千万光年）　… 1939年に発見された全天で最も強い電波源の1つ

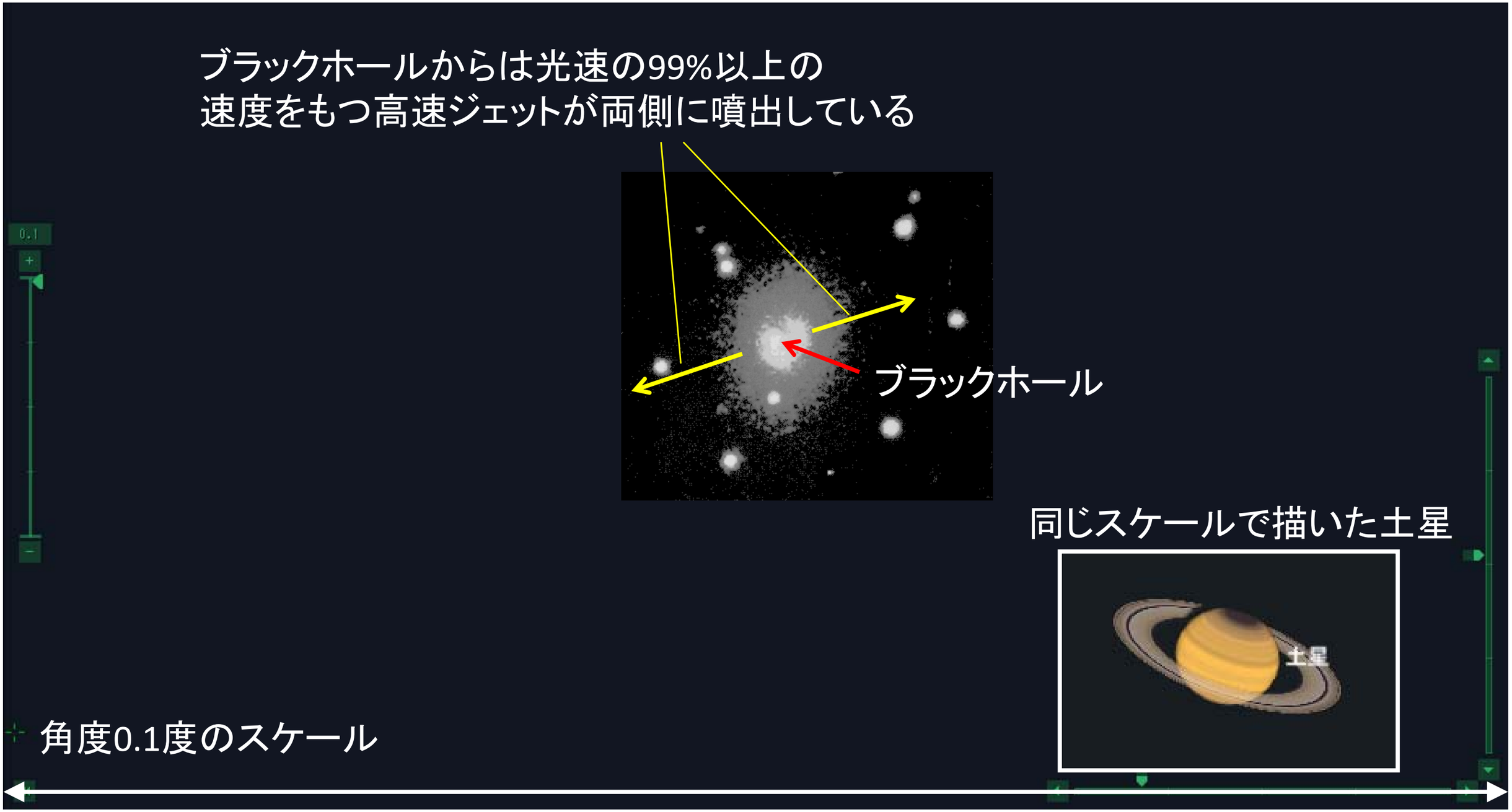
↓電波によるイメージ




天頂
白鳥座
白鳥座A電波源の位置（肉眼では見えない）
今日（8/21)の午後9時の東の夜空
ステラナビゲータによる画像

# 白鳥座電波源Aの中心に見出された楕円銀河　（パロマー山200“望遠鏡）

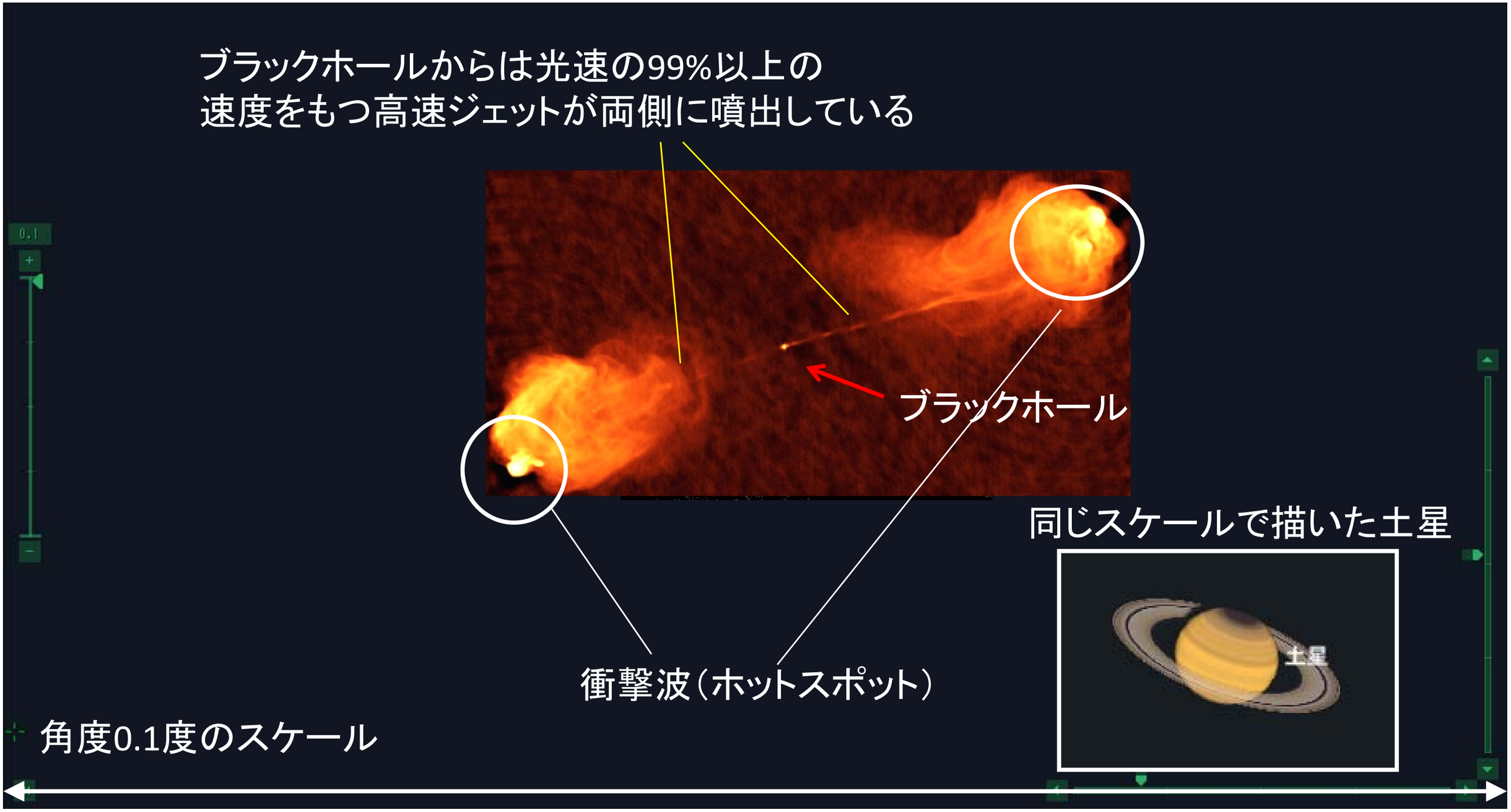
小さな白い点は前景の恒星




ステラナビゲータによる画像

# 白鳥座電波源Aの中心に見出された楕円銀河 （電波によるイメージ）

小さな白い点は前景の恒星




ステラナビゲータによる画像