

向陽の空ノムコウを探る

「子供の頃、海を見て育っちゃらん人間は信用できん」(西原理恵子)



東京大学大学院理学系研究科物理学専攻

須藤靖 (52回生 担任：西峯隆博先生)

2019年11月18日14:15-15:00

東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター



**「向陽の空ノムコウ」
＝「皆さんの未来」**

**みなさんは今、向陽の空ノムコウに
何を見えていますか？**

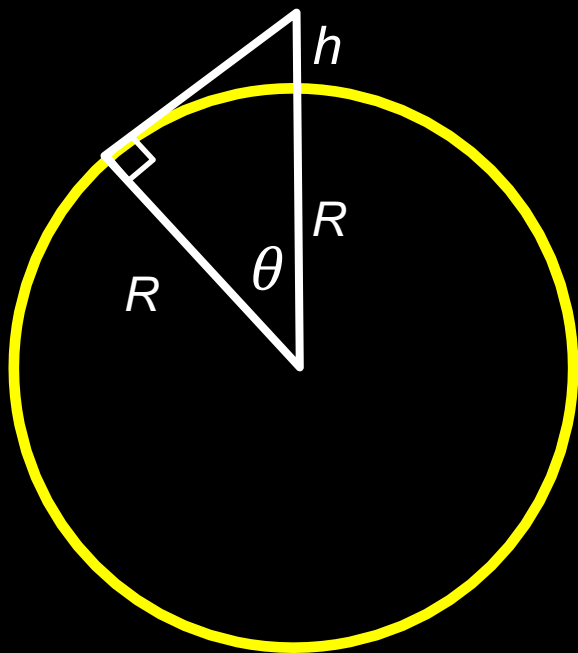
**私は今、自分が40年前に
見上げた向陽の空ノムコウに
立っているのだと思います**

1. ホライズン 「直接見える」世界の果て



世界を知る＝より遠くを見る

■ 地平線(ホライズン)のサイズ



$$\cos \theta = \frac{R}{R + h}$$

$$1 - \frac{\theta^2}{2} \approx 1 - \frac{h}{R}$$

$$\ell = R\theta \approx \sqrt{2hR} \approx 4 \sqrt{\frac{h}{1\text{m}} \frac{R}{R_{\oplus}}} \text{ km}$$

■ 自分のホライズンを広げるには、、、

- より高い場所に登り、世界を俯瞰する＝天文学
- スカイツリー、マウナケア、アタカマ、大気圏外

50年前の私にとっての「世界」 @高知県安芸市

「子供の頃、海を見て育っちょらん人間は
信用できん」 (西原理恵子)

- この水平線は世界の果てなのか？
- その先に別の世界があるのか？
- もしあるならばそこに広がる風景は？

高知県の先にも世界は広がっていた



@ホノルル、ハワイ

@モナコ



2. 宇宙を知り、世界を知る



ホライズンの拡大
＝世界観の変革

アイザック・アシモフ「Nightfall (夜来たる)」

- 6つの太陽を持つ惑星ラガッシュには「夜」がない
 - 空にいつも一つ以上の太陽が昇っているためいつも「昼」のまま
- 古来からの伝説によると、2049年に一度だけラガッシュに「夜」が訪れるという
 - これは、たまたま空に一つしか太陽が昇っていない時に、ラガッシュの内側の惑星が起こす皆既日食
 - 物語はこれから数時間で「夜」が訪れる時から始まる
 - 初めて「夜」を見た瞬間、ラガッシュの住民は何を知ったのか

http://mysite.du.edu/~treddell/3780/Asimov_Nightfall.pdf

「我々は何も知らなかった」



イラスト： 羽馬有紗

- その瞬間に彼らの世界観が一変した
- ホライズンの先を見て、自分の住む「世界」を知る

この青空はこの世界の果てなのか？
その先にも、(見えない)別の世界が
広がっているのか？



この星空の先にもさらに
別の世界が広がっているのか？



宇宙のホライズン開拓年表

西暦	天体	距離	説明
1923	アンドロメダ	800kpc	系外銀河の発見 (ハッブル)
1963	3C273	750Mpc	クエーサーの発見 (シュミット)
1965	CMB	4000Mpc	ビッグバン残存光子の発見 (ペンジアス、ウィルソン)
1967	PSR B1919+21	700pc	パルサー (中性子星) の発見 (ベル、ヒューイッシュ)
1969	月	1.2×10^{-8} pc	有人月着陸に成功(アポロ11号)
1976	火星	2×10^{-6} pc	火星表面軟着陸に成功 (バイキング1号)
1992	CMB全天地図	4000Mpc	宇宙初期の温度ゆらぎの発見 (COBE)
1995	51 Peg b	16pc	太陽系外惑星の発見 (マイヨール、ケロー)
2015	GW150914	400Mpc	重力波の直接検出 + ブラックホール連星の発見 (LIGO)
2017	GW170817	40Mpc	中性子星連星からの重力波の検出 (LIGO-VIRGO)
2019	M87	16Mpc	ブラックホールシャドウ(Event Horizon Telescope)

1995年 宇宙は惑星で満ちていた

A Jupiter-mass companion to a solar-type star

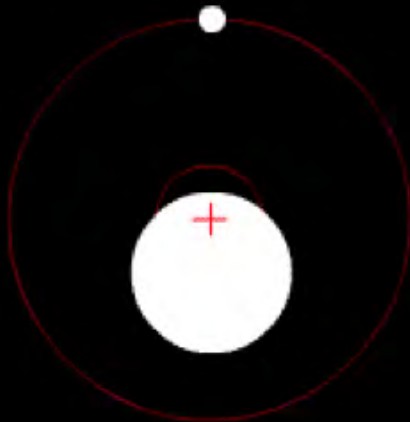
Michel Mayor & Didier Queloz

Geneva Observatory, 51 Chemin des Maillettes, CH-1290 Sauverny, Switzerland

Nature 378(1995)355

The presence of a Jupiter-mass companion to the star 51 Pegasi is inferred from observations of periodic variations in the star's radial velocity. The companion lies only about eight million kilometres from the star, which would be well inside the orbit of Mercury in our Solar System. This object might be a gas-giant planet that has migrated to this location through orbital evolution, or from the radiative stripping of a brown dwarf.

太陽系外惑星の初発見：51Peg b4.2日で公転するホットジュピター



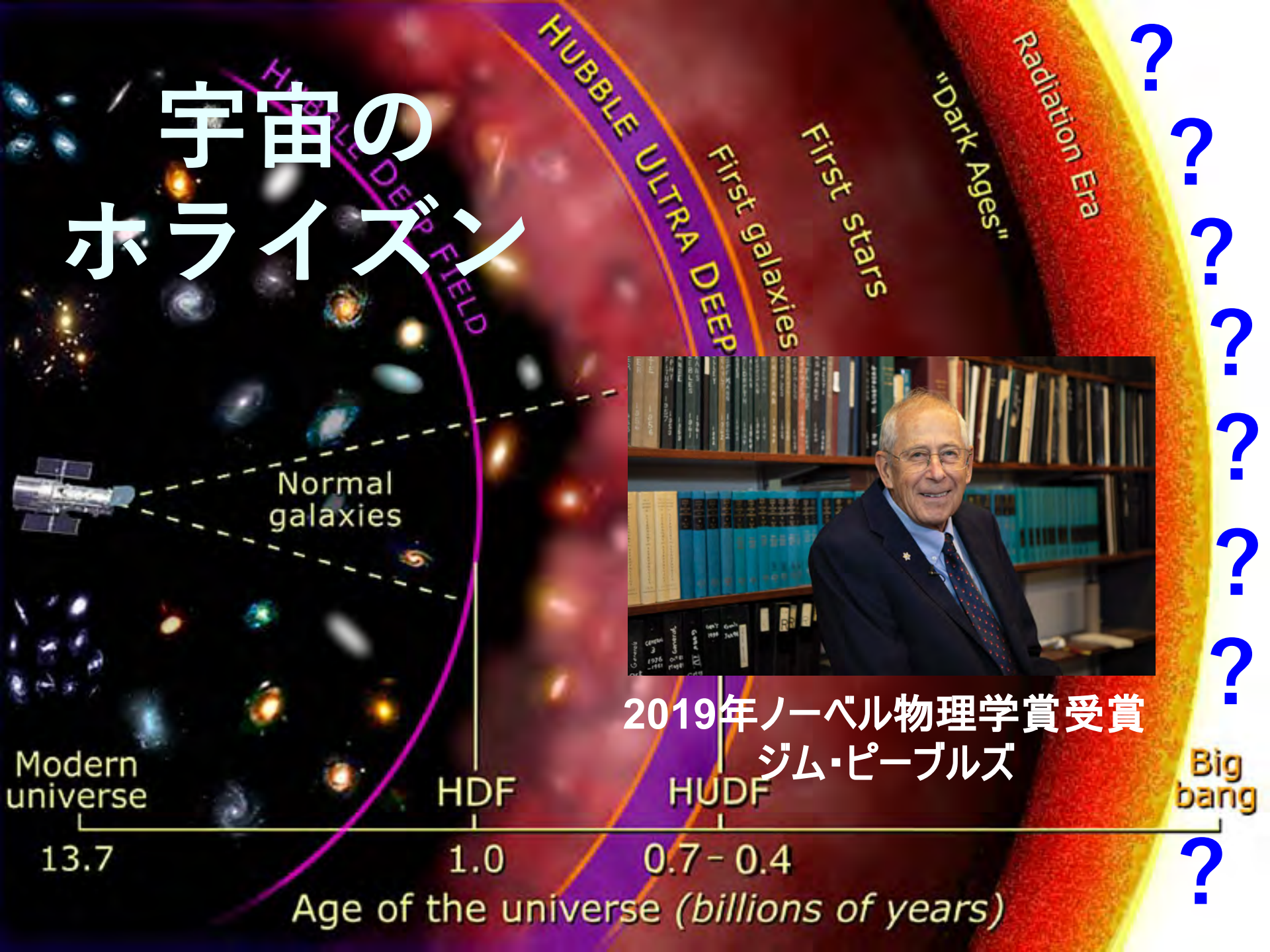
ドップラー効果を利用して主星の周期運動から見えない惑星を発見

2019年ノーベル物理学賞受賞
ディディエ・ケローとミシェル・マイヨール

2015年 京都賞 ミシェル・マイロール 受賞ワークショップ



宇宙の ホライズン



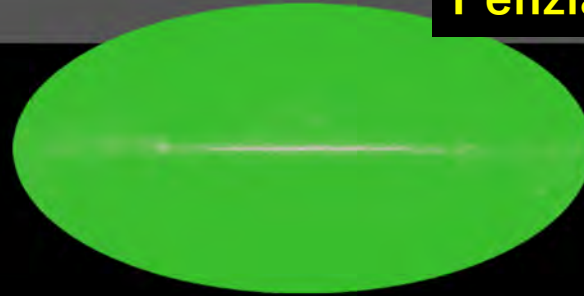
2019年ノーベル物理学賞受賞
ジム・ピーブルズ

138億光年先の宇宙のホライズン

1965

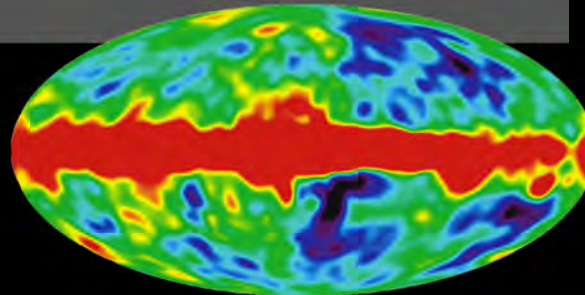
Penzias & Wilson

私



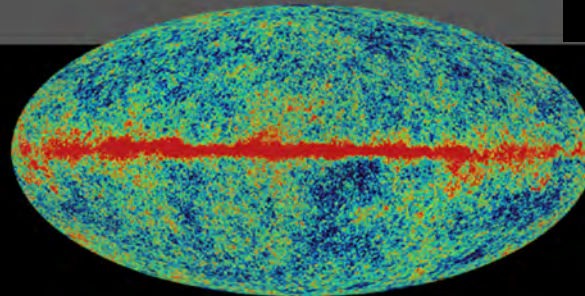
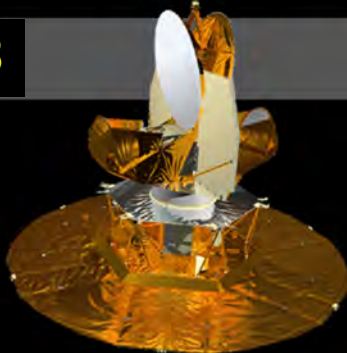
1992

COBE



2003

WMAP

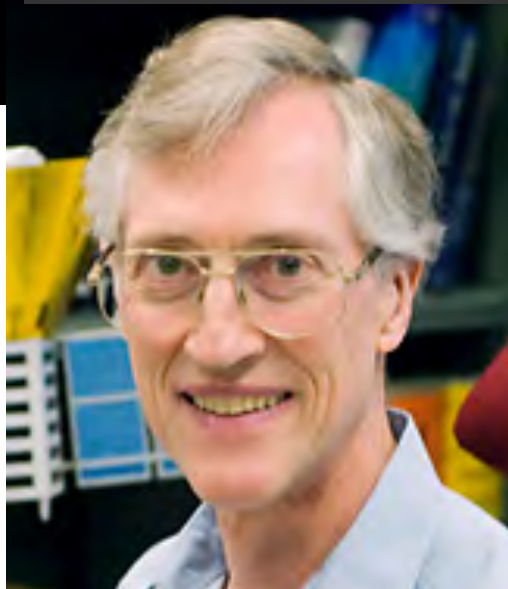


https://map.gsfc.nasa.gov/m_ig/030644/030644_300.tif

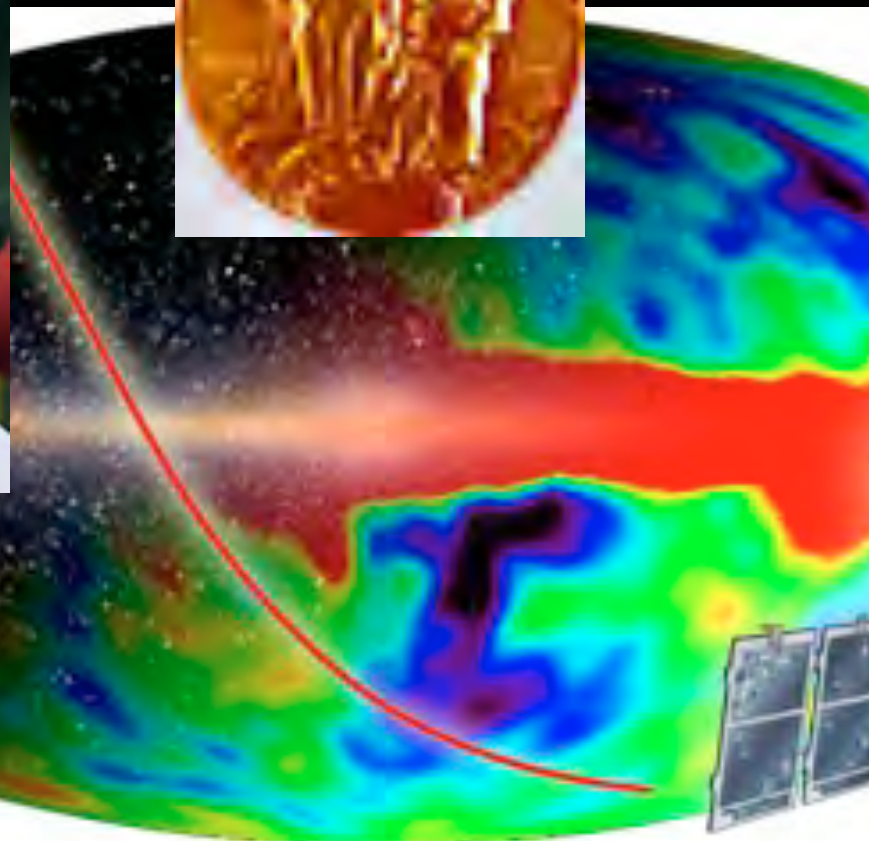
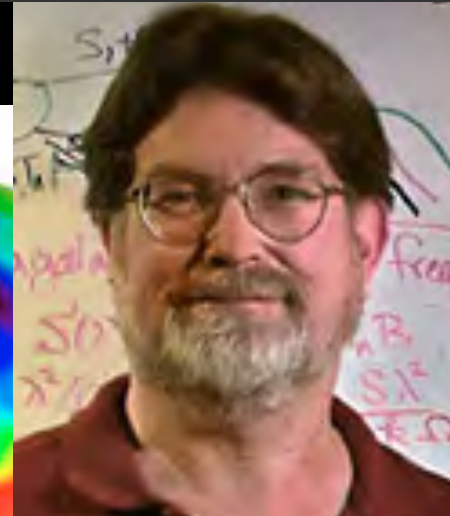
2006年 ノーベル物理学賞

COBE衛星による宇宙マイクロ波背景輻射温度ゆらぎの発見

ジョン・マザー



ジョージ・スムート



COBE

Cosmic Background Explorer

2011年 ノーベル物理学賞

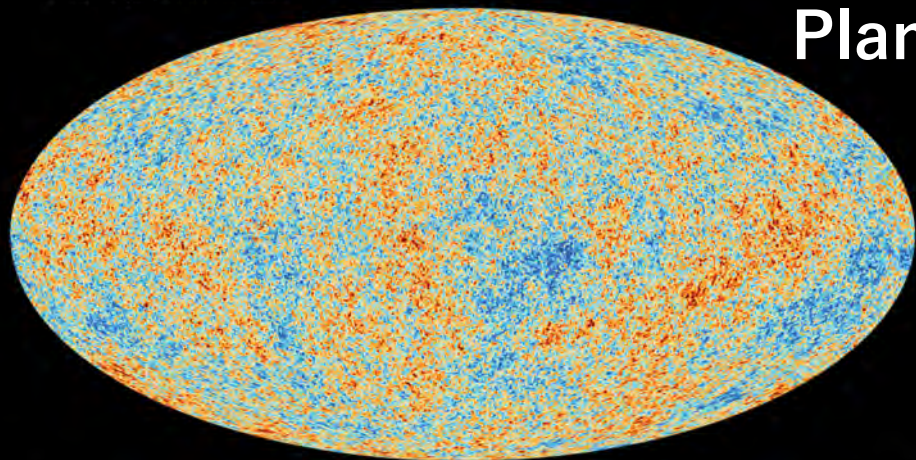
- 遠方超新星の観測にもとづく宇宙の加速膨張の発見
 - 宇宙を加速膨張させているのがダークエネルギー

ソール・パールムター ブライアン・シュミット アダム・リース



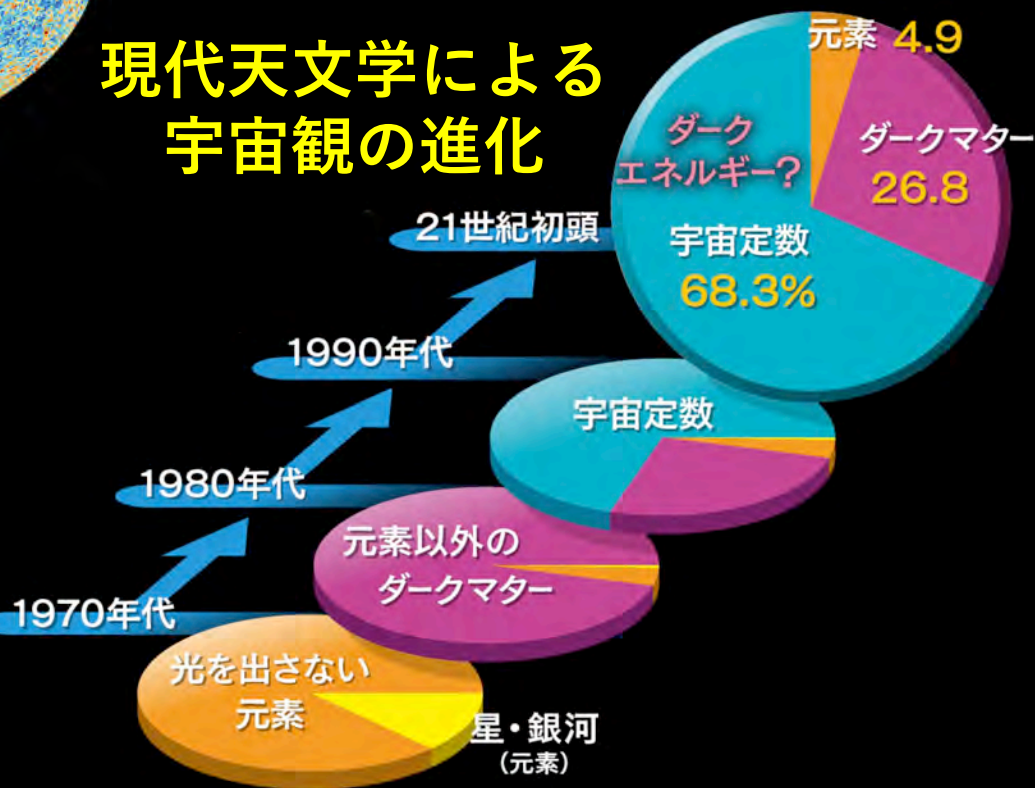
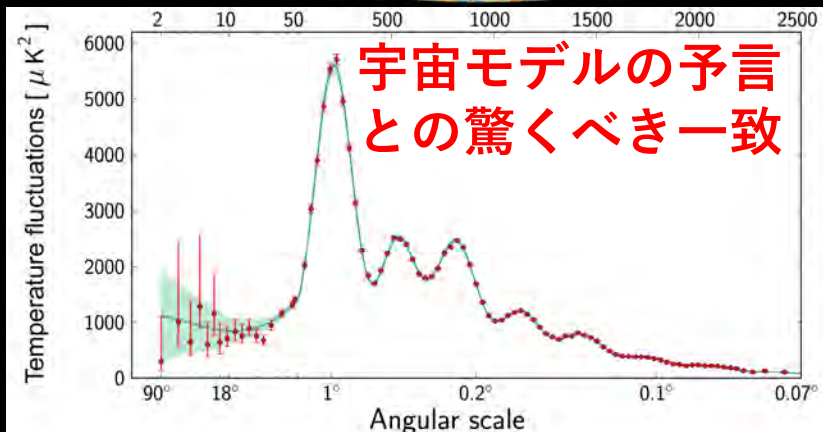
ダークマター、ダークエネルギー以上に重要な発見 宇宙はその果てまで物理法則に従っている

→ THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND
Planck Legacy Release 2018



Planck衛星 (2013)

現代天文学による 宇宙観の進化



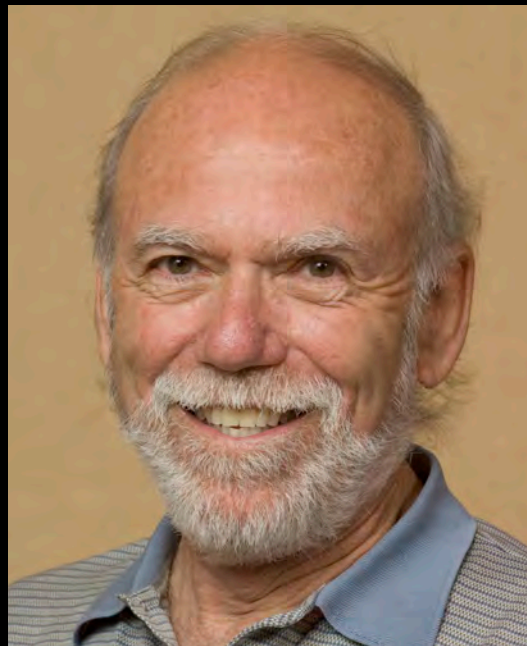
http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/07/Planck_s_view_of_the_cosmic_microwave_background2

2017年ノーベル物理学賞

ライナー・ワイス

バリー・バリッシュ

キップ・ソーン



- ライゴ検出器と重力波観測に対する決定的な貢献

M87*

April 11, 2017

2019年 ブラックホール シャドーが見えた

The Astrophysical Journal
875(2019)L1

50 μ as



The Event Horizon Team at Harvard on April 11, 2019



2015年 火星と地球は似過ぎている



アイオリス山(標高5500m) 2015年9月



チコ山 (標高5150m) とオナール山 (標高5400m) 2003年



アイオリス山麓の盆地 2015年10月



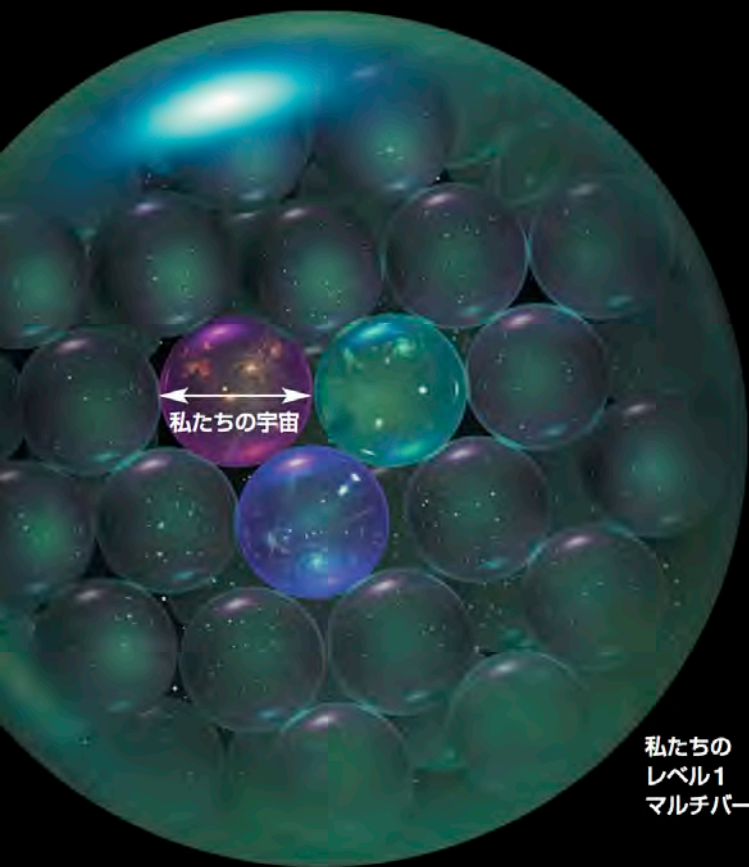
アスペロ山 (標高5262m) 2002年2月

<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA19912>

土居守氏、河野孝太郎氏撮影

<https://mars.nasa.gov/resources/7505/strata-at-base-of-mount-sharp/>

3. 本当にこれですべて？ 我々のホライズンの先の「宇宙」



私たちの
レベル1
マルチバース



並行して存在する
レベル1
マルチバース

何も無い空間
(膨張している)



『不自然な宇宙』
講談社ブルーバックス
2019年

レベル1マルチバース

- 現在の地平線内にある我々の（レベル1）ユニバースは、レベル1マルチバースに属する元の一つ
- 我々の地平線球の外側にも、同じく地平線球（レベル1ユニバース）が無数にあるが、現在は「まだ」互いに因果関係を持たない
- それらの集合が（我々の属する）レベル1マルチバース
- 同じレベル1マルチバース内のレベル1ユニバースは、初期条件が異なろうと、物理法則は同じ

日経サイエンス2003年8月号



現在見えない領域にも宇宙は広がっている

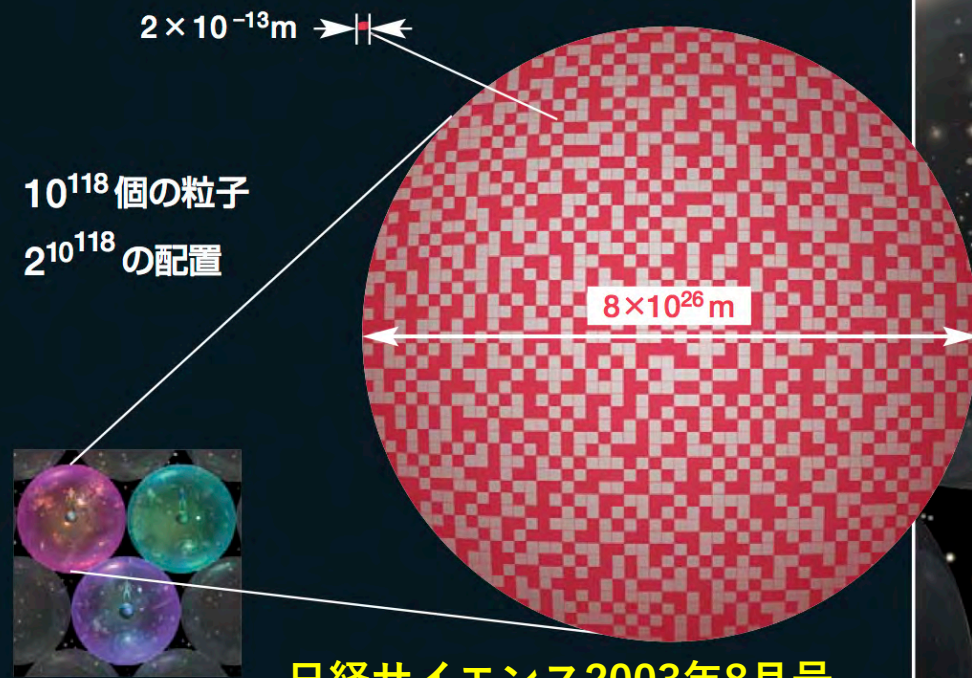
■ レベル1マルチバースの存在はほぼ自明

- (ほぼ) 無限に広がる空間内で、我々の地平線球が特殊な位置にあるとは考えられない

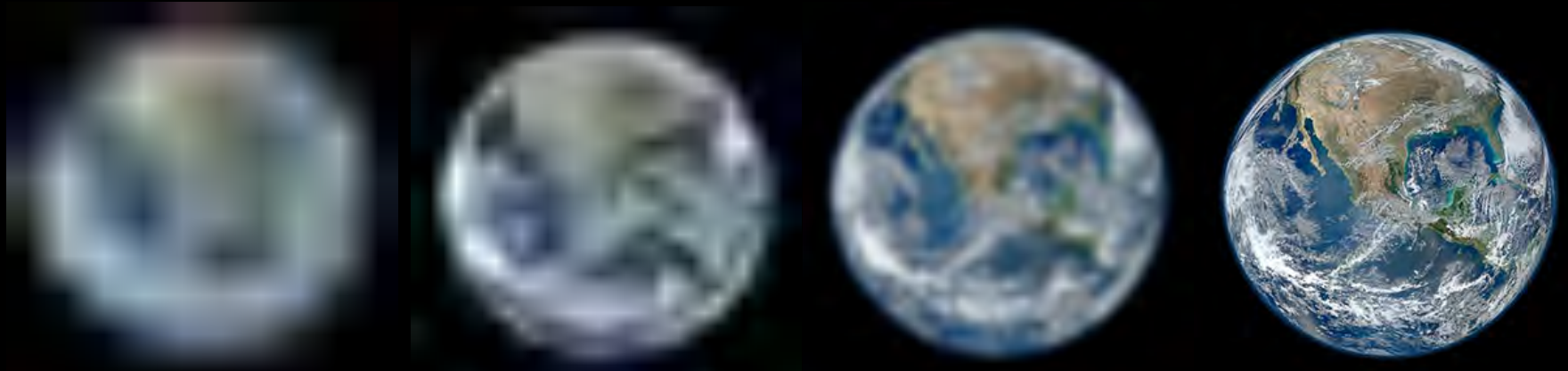
■ さらに我々のレベル1ユニバースと同一のレベル1ユニバースのクローンがどこかに存在する(?)

- 地平線球内の素粒子の数は有限。したがって、宇宙が無限の体積を持つとするならば、どこかで同じレベル1ユニバースが繰り返し登場するはず

上と同じ論法を実際の宇宙に適用するとどうなるか。私たちの宇宙には 10^{118} 個の素粒子が入る空間がある。可能な配置パターンは2の 10^{118} 乗通りで、これはざっと10の 10^{118} 乗通りと考えてよい。これに宇宙の直径を掛けると、最も近い同一宇宙までの平均距離が求まる。つまり、10の 10^{118} 乗メートルだ(べき乗が大きいため、係数は無視できる)。



世界はデジタルか、アナログか？



https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2159.html

- この作業を繰り返していくと、いずれは近似ではなく本物（と区別できないクローン）に到達する？
 - すべての物質は有限個の素粒子からなる
 - 時間と空間もまた連続ではなく離散的かも？
 - とすれば超高性能3Dプリンターで宇宙を創り続けると、（原理的には）いずれクローン宇宙が出現するはず？

4. 皆さんに伝えたいこと

科学を学ぶ意味

- 世の中は不思議なことに満ち満ちていることを知る
 - 楽しみながら世界を徐々に理解する
- 「みんなが言っているから正しい」ではなく、自分の頭でじっくり考えて、判断することの大切さを知る
 - 当たり前とされていることでも一度は疑ってみる
- 本物と偽物を見極める力をつける
 - 変な人 (TVに出過ぎる有名人・肩書きだけで中身のない人・詐欺師・政治家・官僚・大学教授) に騙されない
 - 健全な懐疑心をもち善悪を自分で判断する
- 科学的「考え方」(≠「知識」)は、狭い意味の科学に限らず、人生にとって不可欠

その世界の先を探る = 「学」 + 「問」

- 果てのないホライズンの拡大
 - 高いところに登る = 「学」
 - 遠くを眺めてその先を考える = 「問」
- 学問とは常に問い続ける営み
- 謎を解明する(問題に答える)以上に、**新たな謎を発見(世界の不思議さを認識)**することがそれ以上に重要 = **我々は何も知らなかった**
- **競争のための競争は無意味**：勝ち負けという価値観は科学とは本来相容れない

今から50年後の世界？

- 科学・技術は驚くべきスピードで世界を変える
- 今から50年後には、おそらく今の我々が決して予想できない世界が実現しているはず
 - 自動翻訳(単なる会話のための外国語教育は不要)、労働の完全AI/機械化、天災の制圧、脳とコンピュータの完全接続、不老不死、地球外知的文明との遭遇
 - 高知県の消滅、核戦争や未知のウイルスによる人類絶滅、ホモサピエンスに代わる新人類の台頭
- 現在の倫理観、価値観、世界観が一変する
- 何れにせよ、暗い未来ではなく明るい未来を実現して欲しい

皆さんには無限の可能性が 있습니다

- 向陽の空ノムコウには無限の可能性が広がっています
 - 高校や大学入試では人間を一次元に順位づけて評価することが多くなされています
 - しかし、向陽の空ノムコウに待ち構えている人生は決してそんなものではありません
- 自分が何をやりたいのか、他人よりも優れている点はどこなのか、をじっくりと考え、それを最大限活かせる夢を見つけ、それに向かって常に努力すれば、必ずその夢に少しずつ近づけます
 - 夢はすべて叶うより、近づく過程がずっと楽しいのです

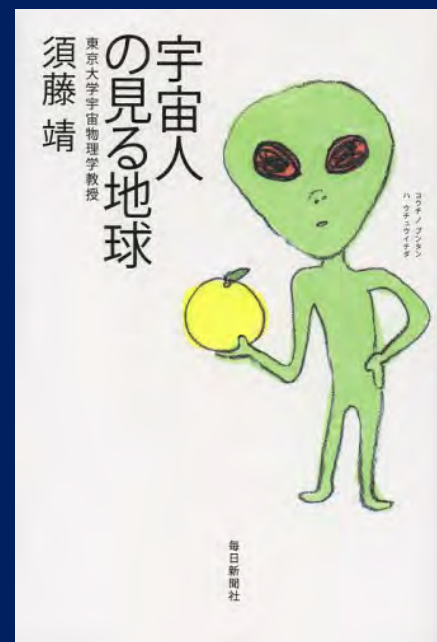
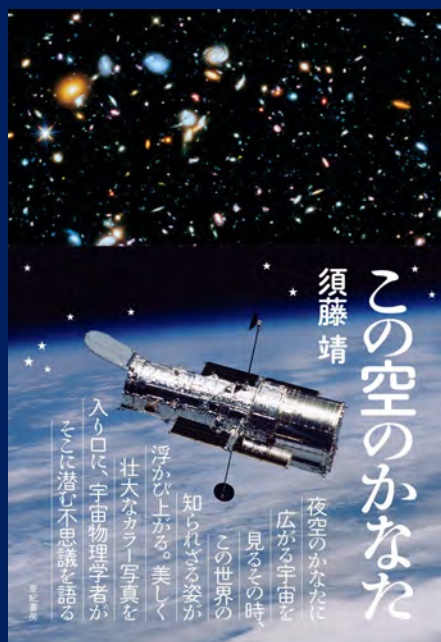
私の人生の目標： アンパンマン オープニングテーマ

- 作詞：(高知県人)やなせたかし

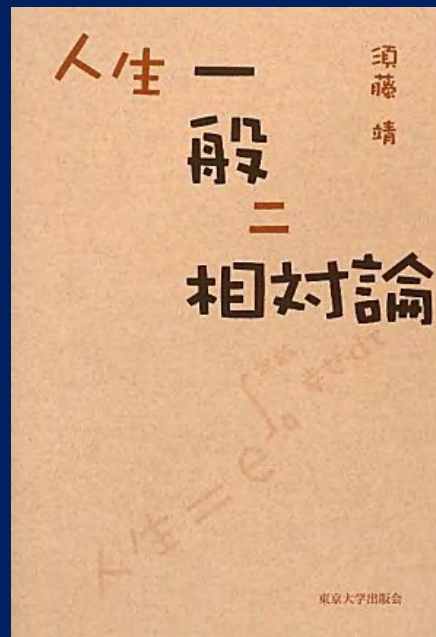


なんのために生まれて
なにをして生きるのか
こたえられないなんて
そんなのは いやだ！



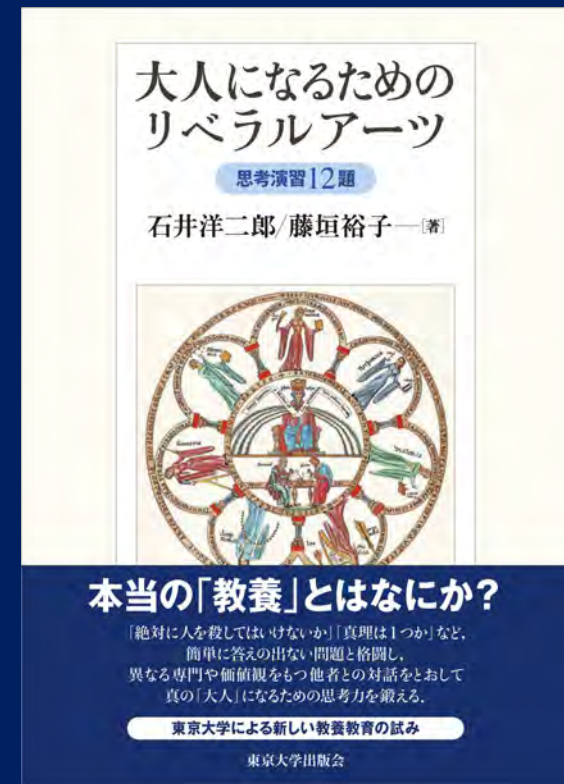


参考文献



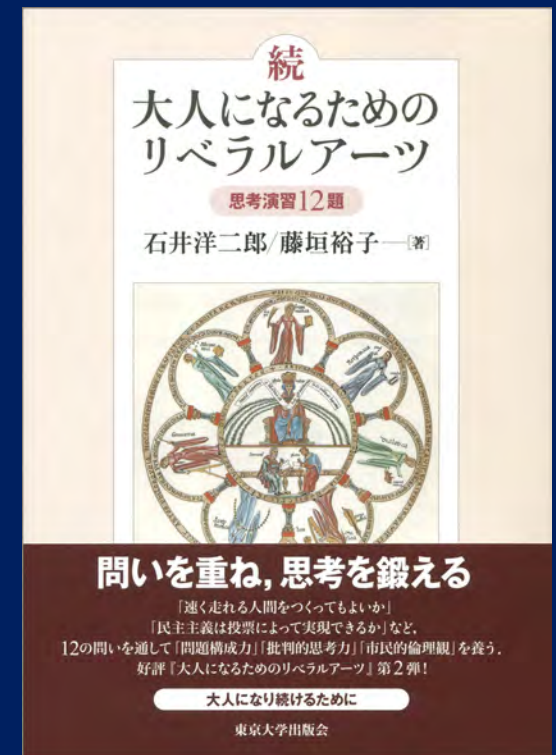
石井洋二郎・藤垣裕子 『大人になるためのリベラルアーツ』 (東京大学出版会)

- 第1回 コピペは不正か
- 第2回 グローバル人材は本当に必要か
- 第3回 福島原発事故は日本固有の問題か
- 第4回 芸術作品に客観的価値はあるか
- 第5回 代理母出産は許されるか
- 第6回 飢えた子どもを前に文学は役に立つか
- 第7回 真理は1つか
- 第8回 国民はすべてを知る権利があるか
- 第9回 学問は社会にたいして責任を負わねばならないか
- 第10回 絶対に人を殺してはいけないか
- 番外篇 議論によって合意に達することは可能か
- 最終回 差異を乗り越えることは可能か



石井洋二郎・藤垣裕子 『続 大人になるための リベラルアーツ』 (東京大学出版会)

- 第1章 気候工学は倫理的に許されるか
- 第2章 成人年齢は引き下げるべきか
- 第3章 速く走れる人間をつくってもよいか
- 第4章 芸術に進歩はあるか
- 第5章 人工知能研究は人為的にコントロールすべきか
- 第6章 民主主義は投票によって実現できるか
- 第7章 軍事的安全保障研究予算をもらってもよいか
- 第8章 絶対に人を殺してはいけないか
- 第9章 学問は社会にたいして責任を負わねばならないか
- 第10章 自由と公共性は両立するか
- 番外篇 議論によって合意に達することは可能か
- 最終章 プライバシーと治安は両立できるか



夜空(ムジカ)

あれから僕たちは何かを信じてこれたかなあ
夜空の向こうには明日がもう待っている

誰かの声に気づき僕らは身をひそめた
公園のフェンス越しに夜の風が吹いた

君がなにか伝えようとにぎりかえしたその手は
僕の心のやらかい場所を今でもまだしめつける

あれから僕たちは何かを信じてこれたかなあ
マドをそっとあけてみる冬の風のおいがした

悲しみっていつかは消えてしまうものなのかなあ
タメ息は少しだけ白く残ってすぐ消えた

夜空(ムク)

歩き出すことさえもいちいちためらうくせに
つまらない常識などつぶせると思った

君に話した言葉はどれだけ残っているの？
僕の心のいちばん奥でからまわりしつづける

あのころの未来に僕らは立っているのかなあ
すべてが思うほどうまくはいかないみたいだ

このままどこまでも日々はつづいていくのかなあ
雲のない星空がマドの向こうに続いている

あれから僕たちは何かを信じてこれたのかなあ
夜空の向こうには明日がもう待っている

向陽の空ノムコウ=皆さんの未来

あれから僕たちは何かを信じてこれたかなあ
夜空の向こうには明日がもう待っている

悲しみっていつかは 消えてしまうものなのかなあ
タメ息は少しだけ 白く残ってすぐ消えた

あの頃の未来に 僕らは立っているのかなあ
すべてが思うほど うまくはいかないみたいだ

このまま どこまでも 日々は続いていくのかなあ
雲のない星空が マドの向こうに続いている

あれから僕たちは 何かを信じて来れたかなあ
夜空の向こうには もう明日が待っている