光の伝搬速度

時間の本質と4次元球宇宙モデル － Part 2

Version 2020.06

Shigeto Nagao

パート1では、時間の本質について検討し、時間の定義および4次元球宇宙モデルを提案した。同モデルによると光は内在性の空間エネルギーの3次元空間での振動となる。このパート2では、このモデルから導かれる種々の帰結を検討し、超新星の実測データと比較する。

< Part 1 >

1. 時間の本質
2. 4次元球宇宙モデル
3. マイケルソン・モーリーの実験
4. 定常波の加速因子
5. 宇宙の膨張

< Part 2 >

6. 光の伝搬速度
7. 光の赤方偏移 → 訂正、改定。　下記に記載
8. 光の伝搬距離 → ハッブル図

© All copy rights reserved by the author.

時間関連用語の定義

x (Radius of universe):	4次元球宇宙の半径。観測時間 T に等しい。
CU (Cosmic Unit):	x と T の単位で宇宙膨張が止まった時に最大値 1 となる。ここでは時間に関連する種々の変数をこの CU 単位で示す。
T_E (Time of Emission):	光が放たれた時の観測時間 T 表示。
T_P (Present Time):	宇宙の現在時を観測時間表示。現在観測する光が到着する時。
T_{ER} (Relative Time of Emission):	T_E の T_P に対する相対比率。 $T_{ER} \equiv T_E / T_P$
T_B (Back in Time):	発光時の現在からの遡り時間。 $T_B \equiv T_P - T_E$
T_{BR} (Relative Back in Time):	T_B の T_P に対する相対比率。 $T_{BR} \equiv T_B / T_P$
T_C (Time Clear):	宇宙空間が光の伝導に対して透明になった時の観測時間表示。
T_{CR} (Relative Time Clear):	T_C の T_P に対する相対比率。 $T_{CR} \equiv T_C / T_P$

t, time（源時間）、***T, Time***（観測時間）: パート1での定義を参照。

６．　光の伝搬速度

光は内在性空間エネルギーの４次元空間での振動で3次元空間を伝搬する。

光速に影響を及ぼす要因:

1)　媒体のエネルギー密度（「**エネルギー密度因子**」、“f_D”）

2)　光の3次元空間に存在する物質との電磁相互作用（「**電磁相互作用因子**」、“f_{EM}”）

観測時間 T での光速度:

$$C(T) = C(x) = \frac{dL}{dx} = K * f_D * f_{EM} \quad \text{(K: constant)}$$

エネルギー密度因子 (f_D)

光は横波だがギターの弦のような振動とは性質が異なる。そのような弦の場合は弦自身が弦のない上下方向に移動する。これに対し光は、既に媒体が充満した領域内での媒体の一部の振動である。従って、光は縦波である音の伝搬により近いと考えられる。

媒体の変化による音速:

- 音速の一般式: $c = \sqrt{K/\rho}$ (K: 体積弾性率 modulus of bulk elasticity, ρ : 密度 density)
- 高密度の媒体はより大きな体積弾性率を示す:全体としてより速い音速

  音速（25°C）: 水中で 1497 m/s、 空気中で 346 m/s
- 断熱過程では:

  体積の膨張（密度の低下）は温度の低下をきたす。
- 空気中の音速: $c_{air} = 331.3 m \cdot s^{-1} \sqrt{\frac{T}{273.15}}$ (T: 絶対温度 in Kelvin)

音速の類推からの光の伝搬速度:

空間エネルギーの密度（または宇宙空間体積の逆数）の平方根に比例するだろう。

エネルギー密度因子 (f_D)（2）

エネルギー密度因子の誘導:

音速の類推からの源時間 t による光速度:

$$\frac{dL}{dt} = \frac{K_1}{\sqrt{x^3}} \quad (L\text{: 光の伝搬距離}, x\text{: 宇宙半径})$$

源時間 t による宇宙半径 x の膨張速度:

$$\frac{dx}{dt} = \pm\sqrt{\frac{K_f E_U}{\pi}\left(\frac{1}{x} - K_2\right)} \quad (M\text{: 全宇宙の質量})$$

観測時間 T による光速度:

$$\frac{dL}{dT} = \frac{dL}{dt}\cdot\frac{dt}{dT} = \frac{dL}{dt}\cdot\frac{dt}{dx} = \frac{K_1}{\sqrt{\frac{K_f E_U}{\pi}x^3\left(\frac{1}{x} - K_2\right)}} = \frac{K}{x\sqrt{1 - K_2 x}}$$

- 宇宙半径 x の最大値を1とする単位（Cosmic Unit）を使用すると、$x = 1$ での宇宙半径膨張速度はゼロ。
- 従って $K_2 = 1$ となる。

エネルギー密度因子 (f_D):

$$f_D = \frac{1}{x\sqrt{1 - x}} \qquad (T_C \le x < 1)$$

（追記）

後に発表したエネルギー周回理論（Energy Circulation Theory）によると、光速はスペーシアの周回速度で次式で示される。

$$c = v_c = \mu_0 \omega_0 \ .$$

μ_0 ： スペーシアの半径、 x （宇宙の半径）の変化に対し不変

ω_0 ： 隠れ次元の中で最小の振動数、 x の変動で変化する

宇宙膨張に伴い、スペーシアの半径 μ_0 は不変、スペーシアの数は増加し、一つ当たりのスペーシアのエネルギーは減少する。

$$E_\mu = m_\mu {v_c}^2 = m_\mu {\mu_0}^2 {\omega_0}^2 \ \text{(present)}$$

$$E_\mu(x) = E_\mu \frac{{x_p}^3}{x^3} \ , \quad \left(\omega_0(x)\right)^2 = {\omega_0}^2 \frac{{x_p}^3}{x^3}$$

源時間 τ による光速:

$$c(x) = \mu_0 \omega_0(x) = \frac{K_1}{\sqrt{x^3}}$$

観測時間 T による光速:

$$C(x) = c(x) \frac{d\tau}{dx} = \frac{K}{x\sqrt{1-x}} = K f_D$$

電磁相互作用因子 (f_{EM})

波の物質中での伝搬速度（波全般について）:

速度: 波長に比例する

振動数: 一定（波の発生器だけに依存する）

$$v = f * \lambda$$

光の空気中から水中への伝搬: f_{EM}-依存(dependent)

- ✓ 光は分子の外殻電子との電磁相互作用を受け、散乱を起こす。
- ✓ そのため、光の速度は物質中では真空中に比べて遅くなる。
- ✓ 水のより高い分子密度のため、水中では空気中に比べて 光の伝搬速度が遅く* なる。これにより屈折が起こる。 （*: 波長は短く、振動数は同じ）

音の空気中から水中への伝搬: f_D-依存(dependent)

- ✓ 空気も水も音波の媒体である。
- ✓ 水のより高い分子密度のため、水中では空気中に比べて 音の伝搬速度が速く** なる。（**:波長は長く、振動数は同じ）

電磁相互作用因子 (f_{EM})（2）

宇宙晴上り T_C の前:

光はプラズマ状態にある荷電粒子との相互作用のため、直進できなかった。

宇宙晴上り T_C の後:

核子（陽子）の電子捕獲による原子生成の後に光は直進するようになった。

宇宙背景放射はビッグバンの約37万年後に直進するようになったと言われている。その時の宇宙の温度は約 3,000 K と言われ、そのエネルギーは 0.25 eV であり 13.6 eV の水素原子のイオン化エネルギーよりかなり小さい。このことは、プラズマから原子への変換が終了した後も暫くは、非常に高い水素原子密度のため光が直進できなかったことを示す。

1) 光が原子と相互作用する頻度は宇宙半径の3乗 x^3 に反比例する。

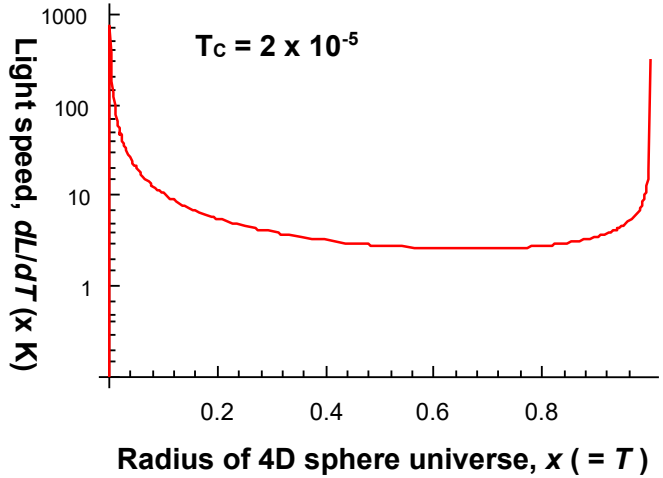
2) 宇宙晴上り T_C 時の光速はゼロ。 ⇨ 次の式を提案

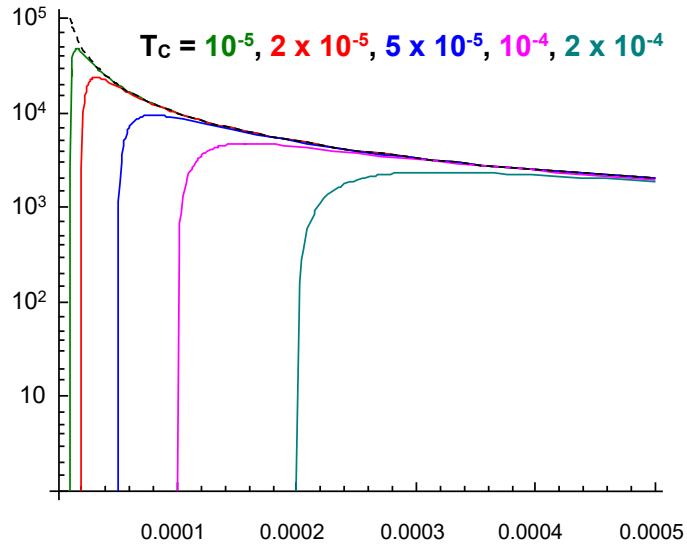
電磁相互作用因子 (f_{EM}):

$$f_{EM} = 1 - \frac{T_C^{\,3}}{x^3} \qquad (T_C \le x < 1)$$

光速度を表す式とグラフ

光速度: $$C(T) = C(x) = K * f_D * f_{EM} = K * \frac{1}{x\sqrt{1-x}} * \left(1 - \frac{T_C^{\,3}}{x^3}\right) \quad (T_C \le x < 1)$$





観測時間による光速の経時変化（片対数目盛）

Left: Whole range graph of light speed for the Time Clear $T_C = 2\times10^{-5}$. The maximum in small x (= T) value area is not correctly shown due to limitation of sampling points. **Right:** Enlarged graphs in small x (= T) value area for $T_C = 10^{-5}$ to 2×10^{-4}. The dotted line in black is for the case of $f_{EM} = 1$.

$x \ge 0.0005$ の場合は f_{EM} を無視できる（但し $T_C < 2\times10^{-4}$ の条件）： $C(x) \approx K * \dfrac{1}{x\sqrt{1-x}}$

パート3（ハッブル図）に続く

< パート 3 >

９．　宇宙観測での赤方偏移

１０．明るさに作用する要因

１１．ハッブル図

１２．超新星宇宙計画でのハッブル図との比較