

STARLIGHT, TIME AND THE NEW PHYSICS

光年の謎と新宇宙論

若い宇宙で、なぜ何億光年も彼方の星の光が見えているのか？

星の光の走行時間の問題を解決する！

聖書的創造論が説得力を増しているにもかかわらず、未だに聖書が教える‘世界の年代’が疑われています。何億光年の距離にある星の光がたった数千年で地球に届くことはあり得ないと考えられているからです。このことが妨げとなって、聖書、そして福音をも言葉どおり受け入れることを困難にしていました。



この創造論科学者はその‘星の光の問題’を解明し、そこで立てた方程式はビッグバン説を維持するために考え出された多くの仮説を一掃します。この分野の開拓者である創造論物理学者ラッセル・ハンフリーズ博士から刺激を受け、天文学者モーシュ・カルメリの理論を発展させて、物理学者ジョン・ハートネット教授は宇宙物理学に革命的証言を投げかけています。

「今日、数千年前、創造主が六日間で世界を創造した」という考えは非科学的以外の何物でもないと言われている。しかし、それは、他説よりはるかに良く観測事実を説明するではないか。」

アレックス・ウィリアムズ

前・国連国際原子力機関コンサルタント(オーストラリア代表)

ISBN978-4-9904128-3-8

C0016 ¥1000E

日本語版出版

バイブル・アンド・クリエーション <http://b-c.jp>

定価 本体1000円+税



STARLIGHT, TIME AND THE NEW PHYSICS

光年の謎と 新宇宙論

若い宇宙で、

なぜ何億光年も彼方の
星の光が見えているのか？

光年の謎と新宇宙論

ジョン・ハートネット 著

ジョン・ハートネット 著
安井 亨 訳



百年に一度あるかないかの・・・

「百年に一度あるかないかというような極めて斬新で重要なことに貢献した人は世代を超えて記憶される。カルメリとハートネット、きっとこの二人は偉大な物理学者らと共に名を連ねるだろう。カルメリは、宇宙の膨張を組み入れてアインシュタインの相対性理論を拡張し、ハートネットは、聖書の視点で宇宙を見たときに現れる問題をカルメリの理論から驚くべき解決に導いた。今日、‘数千年前、創造主が六日間で世界を創造した’という考えは非科学的以外の何物でもないと言われている。しかし、それは、他説よりはるかに良く観測事実を説明するではないか。」

アレックス・ウィリアムズ

前・国連国際原子力機関コンサルタント（オーストラリア代表）、
Dismantling the Big Bang: God's Universe Rediscovered 共著者。

驚きの新事実・・・

「誕生から数千年の若い宇宙で、なぜ遠方の星の光が見えているのか、多くの創造論科学者らがこの問題を説明しようと挑戦し続けてきたが、今、私たちは‘創造の物理学’の幕開けを目の当たりにしようとしている。この本が明らかにしていることの幾つかは実に驚きであるが、さらにわくわくさせられるのは、著者の多くの論文が新物理学として標準的な一般科学誌に掲載されているという事実である。この本は、まさに‘神（創造主）のことばにしたがって考える’（偉大な創造論天文学者ヨハネス・ケプラーが言ったとされる）ことの素晴らしい実例そのものである。心からこの本を推薦したい。」

フィリップ・ベル

サイエンティスト、クリエーションミニストリーズインターナショナル
(英国 / ヨーロッパ)CEO

原書出版者
クリエーション・ミニストリーズ・インターナショナル
Creation Ministries International, PO Box 4545, Eight Mile Plains QLD, 4113, Australia.
<http://creation.com>

CREATION.com

版權（Copyright）について
Copyright © 2007 Creation Ministries International (Australia) ABN 31 010 120 304.
上記がすべての版權を保有しています。版權保有者の書類による許可なく、いかなる方法によっても本書の一部または全部を転用することを禁じます。なお、記事あるいは概要の短い引用についてはその限りではありません。

原書 Starlight, Time and the New Physics – Second Edition: November 2010.
Japanese version (日本語版) : Illustrations by John Hartnett or Jay Paul unless otherwise noted. Cover design and Layout by Ryoko Hirose based on the original English version.
Translated with permission by Toru Yasui. Published by Bible and Creation, February 2013.

謝 辞

この本の編集、制作において、励ましと助言を惜しななかった
カール・ウィーランド博士に深く感謝します。また、多く提案くださった
ジョナサン・サルファティ博士、本文を校正してくださったキム・ホルワー
ダさんに感謝します。

Dr. ジョン・ハートネット,
物理学者 / 宇宙論科学者

目 次

著者紹介	6
第 1 章 はじめに	8
第 2 章 星の光と時間	14
第 3 章 '暗黒物質'—今日の'つじつま合わせの理論'—	26
第 4 章 アインシュタイン以降	42
第 5 章 私たちの銀河は宇宙の中心にあるのか?	56
第 6 章 引き延ばされた宇宙	70
第 7 章 なぜ'若い'宇宙で星が見えているのか?	82
用語解説	94

注) 英文原書の Technical Appendices (付録: 専門的詳細) を割愛しています。



著者紹介

ジョン・ハートネット (John G. Hartnett) はオーストラリアのパースにあるウェスタンオーストラリア大学 (UWA) より理学士 (優等) と理学博士号を授与されました。博士は、同大学の周波数標準、度量衡学科の教授です。

博士の研究は、超低温サファイア結晶によるマイクロ波発振、超低雑音レーダー、特殊・一般相対性理論など物理理論の基本検証法と基本物理定数ドリフトの計測、及びそれらが宇宙理論に及ぼす影響、などです。

博士は、さらに宇宙論と聖書的創造論との関連を通して、新物理学の確立に取り組んでいます。その研究を進めるにつれ、大学で関心を集め、研究費を得ました。その理論は、観測事実を説明するために存在すると

仮定された暗黒物質と暗黒エネルギーを不要とし、多くの謎をすっきりと説明します。この本はその理論について書かれたものです。

現在までに各専門分野で公認された 150 以上の論文を科学誌に発表し、二つの特許を取得しています。また一方で、創造と福音の関係、進化論が現代社会に及ぼす影響について解説しています。



著者 (写真左)、ハワイの死火山、マウナ・ケア山頂のジェームス・クラーク・マックスウェル望遠鏡 (写真右) にて。この 15m 望遠鏡は海拔 4200 m にあり、雲上でミリメートル未満の周波数帯域を観測しています。宇宙論の共同研究で、山上で VLBI の超低温サファイア発振器を実装した時のもの。

1 はじめに

「宇宙の彼方の星の光が膨大な距離を伝播するには長い時間を要したはずであり、世界の創造から六千年しか経っていないとしたら、今なぜ見えているのか?」。このことは、聖書の創造論者（聖書と聖書に書かれた歴史を信じるクリスチャン）にとって長い間悩ましい問題でした。

宇宙はあまりにも大きいので、距離を測るのに「光年」という単位を用います。1光年は光が1年かけて進む距離です。光はあまりに速くて捉えきれません。実際、光は毎秒30万キロメートルで進むので、1光年とはおよそ10兆キロメートルの距離のことです。

この本は、見えている宇宙がおよそ280億光年（直径）の大きさであるということに異議を唱えようというわけではありません。大ざっぱに見ても、宇宙の最果てから来る光は（宇宙の半径の距離を伝播（走行）したとして）140億年くらいかかるはずだからです。

聖書（創世記第一章）は、星は地球の四日後に創造されたと言います。また、私たちの最初の父祖であるアダムが創造されたのは、（星は創造の週の第四日目でしたが）そのわずか二日後であったということです。そこで、宇宙の大きさを考えれば次のような疑問が浮かびます、「どうしてアダムに星が見えたのか?」、「どうして私たちに星が見えているのか?」と。これは、主イエス、新約聖書の記者、そして、教父たちのほとんどがしていたように創世記をそのまま史実として文字通り理解しようとする創造論者にとって、最も困難な問題であったわけ¹です。一番近い星（太陽

以外）でも4.3光年も離れていて、私たちのいる天の川銀河の星々が何百何千〜1万光年の彼方にあるにもかかわらず、この世界の年齢は、聖書のみからは7千年以下というのですから。（聖書学者のほとんどは、聖書自体は万物が創造されてから6千年余りしか経っていないということを伝えている、ということと一致しています。)²

しかし、そういうことなら、私たちには6千光年の範囲にある星しか見えないでしょうし、その距離は天の川銀河の1/4程度です。明らかに私たちが現在見えている宇宙は見えるはずがないのです。地球の大気圏の外側を回るハッブル宇宙望遠鏡（HST）、チリ・アタカマ砂漠の高所にある8メートルの大口径望遠鏡（VLT）など、最新の望遠鏡は宇宙に対する視野を劇的に拡大しました。まさしく、聖書の詩篇19篇にあるように、「天は神（創造主）の栄光を語り告げ」ているではありませんか。しかし、多くの星や銀河はどうして見えているのでしょうか？ それらのほとんどは、6千、7千光年よりはるかに遠くにあるのです。創造の週の第四日目に星ができてから6、7千年間、光の速度が一定であったなら明らかに矛盾しています。

このことゆえに創世記をそのまま信じず、妥協して現代科学にある「神（創造主）が無からこの宇宙を創造したという視点を排除する教え」に傾倒してしまった人も多いのです。彼らはこの問題が扱い切れないので、聖書は真の歴史書ではないとしてしまいました。しかし、実際、この世界を理解しようと科学者を駆り立ててきたものとは、創造に秩序があり、聖書の歴史が史実であるという信仰ではなかったのでしょうか。多くの非クリスチャン哲学者も同意しているように、西ヨーロッパにおいて、近代

² 多くの自由主義神学者を含みます。彼らは創世記の記事を事実であるとは信じていませんが、聖書自体はまぎれもなく創造の六日間の日とは通常の地球1回転の日で、全世界洪水があったこと、宇宙の年齢は数千年であることを伝えていると認めています。

³ Stark, R., For The Glory of God: How Monotheism Led to Reformations, Science, Witch-hunts and the End of Slavery, Princeton University Press, USA, 2003; Stark R., The Victory of Reason: How Christianity Led to Freedom, Capitalism, and Western Success, Random House, NY, USA, 2006.

¹ For a brief but powerful summary, see the popular booklet 15 Reasons to Take Genesis as History, by Don Batten and Jonathan Sarfati (Creation Ministries International).

科学が、聖書回帰を訴えた宗教改革に続いて花開いたことは偶然ではありませんでした。聖書が科学研究に必要なヒントを提供していたからです。⁴

科学はすばらしい道具です。しかし、科学説、たとえば、百億光年の距離を光が百億年かけて到達したという考えが絶対正しいとされていても、常に暫定的で、証明されてはいません。科学史の中で、‘正しい’と思われる説が乱立しては、くつがえされてきました。そして、宇宙も、今働いている物理法則も、信じられないほど巧妙かつ素晴らしくエレガントにできていることが判明しているのです。

もし、イエス・キリスト、創造主ご自身が聖書に書かれた歴史を真理であると示されたのなら、私たちは見せかけの‘真理’が創造主のことばの権威をないがしろにしているのではないかと注意を払うべきです。私たちは、かつて、相対性理論や量子力学のあまりにも日常感覚からかけ離れた世界に呆然としました。そのような世界ですから、私たちが考えたこともない理論がもう存在しないと言えるでしょうか？ クリエーションミニストリーの非物理学者の友人の一人は、よくこう言っていました。「終わりの日に私は神（創造主）の前に立ち、弁明しなければならないのがつらい。『主よ、私ははっきりと書かれたあなたのことばを信頼しませんでした。それはただ私の弱い心が、どうしてあなた（創造主）は膨大かつ若い宇宙の創造という手品のようなことをなされたのか、理解できなかったからです』と。」ここで一言言いますが、科学と聖書がはっきり教えていることに矛盾があるなら、私たちの理解に欠陥があるのではないのか、と謙虚に考えるべきなのです。そして、私たちが聖書に書かれた歴史に基づいて考え始めるなら、この本のように、創造主が造られた世界についてはるかに大きな理解に導かれるでしょう。

‘皆がそう思っている・・・’

太陽が地球の周りを回っている… ‘皆がそう思っていた’時代がありました。それは、‘見かけ上の真理’であったわけです。ある人たちが惑星の動きがその理論に合わないと言った時、他の説を探すのではなく（それは結局、見かけ上の真理を放棄することになってしまうので）、その厄介な観測事実を‘押さえ込む’ために‘つじつま合わせの理論’（周転円説）を打ち立てました。

近代天文学でも同じことが起こりました。—— 説明のつかない観測事実を‘押さえ込む’ために複雑な‘つじつま合わせの理論’が打ち立てられたのです。万能と思われたニュートン力学で惑星の動きが説明できなかった時、科学者らは、矛盾を説明しようとして、未知の惑星の存在など、あらゆるつじつま合わせの解釈を考え出しました。実際、必要であったのはニュートン力学を包含するような新しい物理理論であったわけで、アインシュタインによって確立されました。それが私たちの理解を大きく広げたのです。

今も天文学の別の領域で同じことが起こっています。すなわち、非聖書的な‘ビッグバン’モデルが提唱され、広く行き渡りましたが、最近になって不可思議な観測事実を説明しようとして、次々と‘つじつま合わせの理論’が提案されています。未知で見えない‘暗黒’物質とエネルギーがそれです。今、また、新しい物理理論が求められるのではないのでしょうか。星の光の伝播の問題についても、観測事実(たった数千年しか経っていない宇宙ではるか彼方の星の光が見えていること)の説明にはやはり新たな物理理論が必要でしょう。この本で、それをわかり易く紹介しましょう。ビッグバン科学者たちの奇妙な‘暗黒物質・暗黒エネルギー’を必要としません。それらのことをすっきりさせて、星の光の伝播の問題を解説しましょう。

4 Batten and Sarfati, ref.1, pp. 25ff.

この新しい物理理論は、それらすべての‘つじつま合わせの理論’を廃棄するだけでなく、宇宙全体の観測事実にも適合し、アインシュタインの相対性理論とも矛盾しません。そして、数式が導く結果は、宇宙の膨大な距離を走行してくる星の光がたった1日で到達可能であることを意味します（第7章）。おそらく間違いなく、アダムは彼が創られた直後に、天の川銀河の星々を見ていたはずです。

2 星の光と時間

星の光と時間の問題について、ラッセル・ハンフリーズ博士が‘Starlight and Time’¹という本を著しました。1994年のこの本の発行は、転換点として歴史に残るものです。ハンフリーズの天文学モデルは、創造論者の‘若い’宇宙における問題を解決しようという試みでした。彼は、‘殻を破って’調べるように促しました。ここでいう‘殻’とは、時間が不変であるという考えのことです。相対性理論では、時間と空間は不変ではなく、観測者の状態によって変化することを覚えておかねばなりません。すなわち、宇宙のどこでも同じ速さで時間が流れているわけではないということです。

ハンフリーズは、宇宙を重力の井戸に見立てて描きました。そして全ての銀河はその井戸に散らばり、私たちの(天の川)銀河は中央部の底にあります(図2.1)。宇宙は有限であって端があり、その端の向こうには銀河はなく、空間のみがあります。彼は、宇宙は一つのホワイトホール(ブラックホールが物質を吸い込むのに対して、ホワイトホールは物質を吐き出す)から膨張したと考えました。このことは、相対性理論の方程式が許容する範囲です。そのような宇宙では、既知のよく検証された重力効果によって宇宙の端から来る光は青方偏移しているはずで、光子が重力の井戸に落ち込むのでエネルギーが増し加えられるからです。このことで、時間の引き延ばし効果が起こります。すなわち、宇宙に置かれた時計は、地球上にある同型の時計よりも速く時間が進みます。

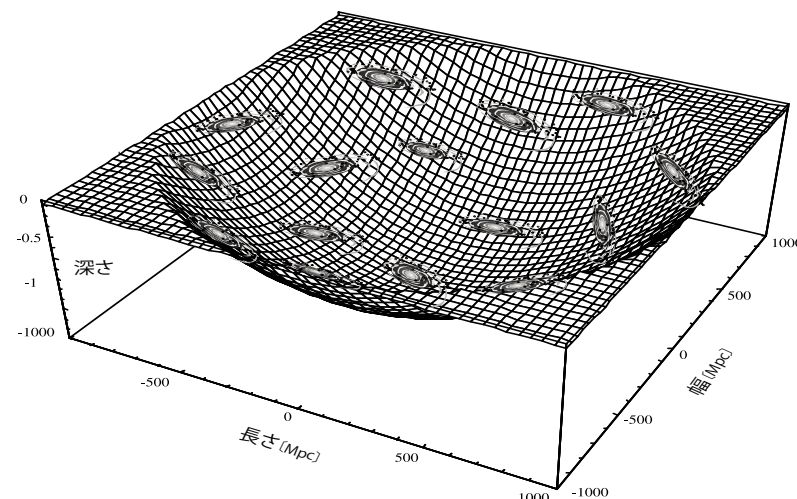


図 2.1

私たちの(天の川)銀河を中心に、球対称に銀河が分布している場合の重力ポテンシャルの井戸

その本には詳細な記述がありませんでしたが、今では重力による時間の引き延ばし効果が十分ではないことが判明しています。それでもなお、その本‘Starlight and Time’は宇宙を正しく理解し、光の伝播時間の問題を解決するための最初の段階としての役目を果たしたと思うのです。ハンフリーズ博士は何度も屈託無くそのことを認め、多く改善したモデル²を提唱してきました。

ハンフリーズ博士は、「このモデルがきっかけとなって、他の科学者らが創造宇宙論の新しい方向性を研究するだろう」と言いましたが、事実そのとおりになりました。その‘時間が引き延ばされる’というモデルで鍵となっていることとは、宇宙の年齢がたったの数千年であるということです。しかし、相対性理論によれば、「どこの時計で？」³と尋ねるべきでしょう。

2 Humphreys, D.R., “Creationist cosmologies explain the anomalous acceleration of Pioneer spacecraft,” J. of Creation 21(2):61-70, 2007; Humphreys, D.R., “New time dilation helps creation cosmology,” J. of Creation 22(3):84-92, 2008; See creation.com/new-creation-cosmology and creation.com/new-time-dilation-helps-creation-cosmology.

3 絶対的な時間というものはありません。「神(創造主)の時間」ということもできません。創造主が時間を創られたので、ご自身はその外側におられます。

1 Humphreys, D.R., Starlight and Time, Master Books, Colorado Springs, CO, 1994.

答えははっきりしています。創世記の歴史ですから地上の時計です。地上の観測者にとっては、全宇宙がたったの6千年しか経っていないということであり、光にとっては、今日知られている一定速度で何十億光年の距離を走行してくる‘十分な時間’があったのか、ということです。⁴ただ一つ解明が求められることは、どのようにしてそのような時間の引き延ばしが起こったのか、すなわち、どのようなメカニズムで、地上の時計が宇宙の時計に比べてそこまで違う速さで動いたのか？ということです。

1998年、ハンフリーズ博士は‘New Vistas’⁵という本を出版し、彼の理論を大きく変更しました。彼が導いた等式から、宇宙が膨張していく過程で、‘時間が止まる段階’を見つけたと言います。だとするとその間、光子は宇宙の彼方から伝播してくる時間をかせげることになります。最初の宇宙はずっと小さかったので、時間次元に非常に大きな効果が起こりました。すなわち、ある領域では、時間は空間次元のように振る舞うのです。ゆえに、宇宙が膨張している間、時計は止まりました。

しかしそのモデルには包括的かつ詳細な検討がないので、私たちの(天の川)銀河の近傍、地球から2～3百万光年以内の星の光の伝播については説明されていません。⁶そのモデルを図2.1の重力井戸の中央部にある銀河に当てはめるとどのようになるでしょうか。お隣のアンドロメダ銀河は250万光年彼方にあります。その光は宇宙膨張と時間が引き延ばされた情報を包含しているはずですが、しかし、その銀河は、私たちの(天の川)銀河に向かって動いているので、その光はわずかに青方偏移しています。もし、私たちの銀河が重力井戸のずっと深いところにあって、膨大な時間の引き延ばしがあったのなら、アンドロメダ銀河の光の中に

その証拠(はるかに大きな青方偏移)が見られるはずなのです。このモデルについては、光の伝播時間についてさらなる検討が必要でしょう。

ところで、ハンフリーズの理論以前に、一般に言われていたことがありました。創造の週には光速は極度に速く、その後、次第に減衰したという説です(c減衰理論)⁷。ここで、ちょっと基本的なことを確認しておきましょう。物体の速度は、単純に時間と共にどれほどの距離を移動するかで定まります。

$$\text{速度} = \text{距離} \div \text{時間} \quad (2.1)$$

もし、光速が一定で、距離が分かっているなら、伝播時間は単純に決まります。このことゆえに宇宙の膨大な年齢が言われているのです。ならば、多くの星は何万、何億光年彼方にあり(私もそう思う)、光速が一定なら、上記の疑問が起こって当然なのです。⁸

さて、創造の週には光速は極度に速く、その後、次第に減衰したという説はどうなったのでしょうか？ K.E. コファール⁹は、宇宙が引き伸ばされるのと同時に光速が6千億倍も減少して今の値になったという説を提案しました。しかし、光速が劇的に減少したのなら、今どうして星が見えているのか？という問題が出てきます。星は見えなくなっているはずだからです。私たちは、望遠鏡を通して見える星の情報を受け取っています。もし、過去に光速がとてつもなく速かったのであれば、星の光で分かるはずなのです。どのようなもっともらしい理論でも、おかしい物理結果が導かれるなら、それは間違っています。

7 Norman, T. and Setterfield, B., The atomic constants, light and time, SRI International Invited Research Report, Menlo Park, CA, 1986.

8 もちろん‘距離’と‘速度’が変わらないとしても、彼らは三番目の可能性として、時間の引き延ばしを検討しませんでした。

9 Kofahl, R.E., Speculation concerning God's ‘big bang’, Letter to the Editor of CRSQ 39:64, 2002.

4 これは観測者の位置における速度です。

5 Humphreys, D.R., New vistas of space and time, J. of Creation 12(2):195–212, 1998.

6 Hartnett, J.G., Look-back time in our galactic neighbourhood leads to a new cosmogony, J. of Creation 17(1):73–79, 2003.

その根底にある問題は、創造論の宇宙論科学者らが、‘時間は絶対不変で、全宇宙を通して一様に流れている’という考えを崩したくないということかも知れません。ハンフリーズのホワイトホールモデルはその殻を破ったことで、創造論者によく受け入れられました。おそらく、彼の理論が、宇宙で起こったことが地上の24時間の範囲に閉じ込められているからでしょう。宇宙の何億年の営みが、地上の通常の24時間の流れの6日のうちに起こればよいと考えたのです。

宇宙は古くないという、ごく最近の創造を支持する意見がありますが、創造論著述家らはそれを、ビッグバン宇宙論の長い年代に合わない天文学的証拠を挙げて紹介しています。たとえば、銀河内の星の分散速度が高すぎる¹⁰こと、また、ゆっくり巻き上げられている渦巻状銀河は、宇宙が何十億年ならとくに巻き上がっているはずであることなどです。著述家らは、そのような宇宙の証拠を用いて、創造論者の視点に合っていると云います。しかし、特に時間の引き延ばしのモデルを導入する場合は、そのモデルが、支持している人の枠組みの中でのみ有効となっていないか十分な注意が必要です。たとえば、ハンフリーズのモデルでは、宇宙の時間は地球の時間より速く進み、いわゆる地球の何千年間に宇宙では何十億年進むのです。ならば「宇宙で、星の光が地球に届くには時間が十分あったが、銀河が巻き上げられるには十分ではなかった」と気楽に言うことができるでしょうか。二兎を追う者一兎を得ず、になってしまいます。¹¹この、過去のある時に時間が引き延ばされたという説は、まだ渦巻銀河が巻き上がっていない‘宇宙時間’を十分説明できません。

ビッグバン理論では、全ての銀河は、今から137億年前に起こったビッグバンのわずか10億年後に形成されたとしています。ならば、やはり、

¹⁰ Bernitt, R., Fast stars challenge big bang origin for dwarf galaxies, J. of Creation 14(3):5-7, 2000.

¹¹ ハンフリーズはこう指摘しています：ハンフリーズの宇宙モデルで、どのようにして渦巻き型銀河と超新星が生き残っているのか？ creation.com/windup, 12 March 2007.

「なぜそれらがまだ渦巻き型をしているのか？ なぜ巻き上がっていないのか？」と質問すればよいでしょう。このことは、創造論に有利ですが、自己矛盾に注意しなければ議論になりません。

実際のところ、ビッグバン科学者らはこの問題で創造論科学者らを非難することはまずありません。というのは、彼らもまた星の光と時間の問題を抱えているからです。ビッグバンの謎の一つとして、宇宙で何十億光年も離れている箇所が皆同じ温度であることが挙げられており、‘地平線問題’として知られています。¹³二箇所の温度が均一化するためには、輻射が行き通っていなければなりません、それらの場所が遠すぎるのです。たとえビッグバンから何十億年経っていたとしても、それらの輻射が光速で伝播しても届くような距離ではありません。それで、いくつかの解決案、たとえば、かつて光速は今よりはるかに速かったとか、宇宙のもっと急激な膨張（インフレーション）¹⁴があったとか、先に出された創造論科学者のものと同様の説が提案されているのです。

選択肢は？

星の光の伝播時間の問題を解決する可能性がある説明には、5つの種類があると思われます。それらはすべて創世記の記事にしたがって、通常の日（24時間）×6日間の範囲を保とうとするものです。以下に要約しましょう（順不同）。

¹² 天文学者らは、もはや楕円型銀河にほとんど回転運動が見られないので、それらが初期に渦巻き型をしていたものから巻き上がってきたとは信じていません。それらは、動きのないぼやとした形です。しかし、渦巻き型銀河がビッグバン以来ずっと存在するには500回以上も巻き上がっていなければならないのです。

¹³ ビッグバンモデルでは、初期の火の玉の無作為な自然現象により、最初それらの箇所は同じ温度ではなかったと言います。

¹⁴ 宇宙構造—真空の相転移が始まったために宇宙の膨張が過度に速くなったという説。光速は真空中の光子の動きで、光子の交換が起こったと考えて、超光速（光より速い）伝播が提案されています。

1. 現象論的説明

第一のものは、創世記は現象論的なことば（見てのとりの表現）で書かれているのであり、表現法の問題だとする説明です。この場合、星は何十億年前にできていたが、星の光については、ともかくもはるか彼方から来るので、地球に届いた最初の日が創造の第四日目であった。その日は、地上で星が見えた‘時’の記録であるというのです。J. ライルの時間論¹⁵はこの考えを提唱しています。しかし、私は、長い間支持されてきた彼のモデルは、聖書の私的解釈ではないか、と思うのです。たとえば、出エジプト記 20：9、11 に当てはまるでしょうか。

「六日間、働いて、あなたのすべての仕事をしなければならない。…それは主が六日のうちに、天と地と海、またそれらの中にいるすべてのものを造り、七日目に休まれたからである。」

この箇所に‘すべて’とあるので、創造の週の期間、すなわち地上の6×24時間の間に創造のみわざがなされたようです。しかし、現象論的解釈は、物理的な星の創造を創造の週のはるか以前に置き、そしてそれらが地上で見えたのが創造の第四日目であったとしました。また、ライルの解釈は物理的にも奇妙であり、このことについては私の別の著書の中で詳しく解説しています。¹⁶

2. ‘あちら’の時計が速かった

第二の説明は、過去においては宇宙の時計が地上の時計よりはるかに速く進んだとするものです。特に創造の週の期間は、宇宙の端に同型の時計を置いたとして、地上のそれより1兆倍も速く進んだので、地上では

15 Newton, R. (authored under this pen-name by Jason Lisle), Distant starlight and Genesis: conventions of time measurement, J. of Creation 15(1):80–85, 2001. See also Lisle, J.P., Anisotropic synchrony convention—A solution to the distant starlight problem, Answers Research Journal 3:191–207, 2010.

16 Hartnett, J.G., Distant starlight and Genesis: is ‘observed time’ a physical reality? J. of Creation, Letters 16(3):65–68, 2002.

1日の間であっても、星の光にとっては地球に届くまで十分な時間があつたとしています。

バージェス¹⁷は星の時間が速く進み、光速ももっと速いという本を著しています。宇宙のすべてが速く進むので、ビデオを速回ししているかのようです。そして、光が地球に届くときには光速は私たちが今観測している速度に減速したというのです。このモデルの問題は、既述のように、光が減速すると星が見えなくなるだけでなく、地球に届くのに何億年もかかってしまいます。また、地上に届く光は極端に青方偏移しているはずですが、¹⁸実際はそうではありません。明らかに矛盾しているので、さらなる検討が必要でしょう。

さて、この説は、見た目ほど単純ではありません。宇宙から来る光は、その説が正しいか検証できる情報をもたらしています。今、地上の時計と、どこかの銀河にある時計を見比べたら進み方が違うでしょう。一般相対性理論から、地上に比べて時計が速く進む所から来る光は青方偏移しているはずなのです。しかし、そうでないのはすでに述べたとおりです。この説が本当なら、それを支持する物理学的説明があつて然るべきですが、実際は膨張している宇宙による逆の赤方偏移が観測されるのみです。このモデルは本の中でそういうことを言っているのですが、極端な青方偏移の問題を克服するためにもう一つの次元を導入する必要性を前段階として示しました。

3. ‘こちら’の時計が遅かった

第三の説明は、過去に、地球の時計は宇宙の時計よりはるかに遅く

17 Burgess, S., He Made the Stars Also, Day One Publications, Surrey, England, 2001.

18 もし過去に光速がずっと速かったのなら、今、光源のより高くなった励起エネルギーのせいで周波数が高くなっているのか、ドップラー効果のせいで受けた光の波長が短くなっているのかのいずれかです。いずれにしても、地上で標準光源を調べると、そのような光は青方偏移しているはずなのです。

進んだと考えます。特に創造の週の期間は、地上の時計は、宇宙の端に同型の時計を置いたとして、それより1兆倍も遅く流れたので、地上では1日の間であっても、星の光にとっては地球に届くまで十分な時間があつたというものです。ハンフリーズのモデルはこのタイプと言えます。2003年に、私はこのタイプの、創造主が創造の第四日目に超自然的に地上の時間を宇宙の時間より遅く進ませたという案を提案しました。¹⁹その時、地上から宇宙の時計が見えたとしたら、非常に速く針が回っていたでしょう。

この説は二つ目の案より単純ですが、同じではありません。時間の流れの速さが光の輻射時か、受け取る時か、の違いです。二つ目の案では、光の輻射時の宇宙時間の進行が光を受けている今の地球の時間の流れより速いのですが、三つ目の案では、光の輻射時の宇宙時間の流れが光を受けている今の地球の時間の流れと同じです。創造の週のたった1日か2日間だけ時間がゆっくり流れながら宇宙からの光を受け取ったということです。そして、今、私たちが見ている光とは、創造の段階にある宇宙から来ているのであって、その源の時間の流れは地上の今の時間の流れと基本的に同じです。

ここで、重要なことは、宇宙には基準となっている場所があつて、この本はそのことゆえに書かれています。そして、それが事実である証拠があります。それは、地球が宇宙のおよそ中心にあるということです。²⁰このことを第5章で詳説しましょう。創世記のことばは、地球は創造主の意思と計画の中心にあつて特別な‘基準粋’で創られたのです。ならば、物理的にも特別な場所にあることを発見したとしても、それは当然のことではありませんか。

19 J.G. Hartnett, "A new cosmology: solution to the starlight travel time problem," J. of Creation 17(2):98-102, 2003.

20 Not to be confused with geocentrism, the idea that the earth is stationary and provides an absolute reference frame, and all other bodies move around it.

4. 光速が遅くなった

第四の考え方は、光速はかつて極めて速く、今の光速の1兆倍あつたとするものです。このモデルでは、創造の週にそうであつた光速が激減して今の値になった、というのです。すでに述べたように、このモデルは天文観測で検証可能です。この案は創造論科学者セッターフィールドとノーマン⁷によって推し進められました。彼らは光速が天文学的に決まってきた経緯を正確に割り出そうとしていました。光速が（地球のわずか6千年の範囲ではなく、はるか）過去にずっと速かつたという説は、（創造論でない）一般科学で流行しています。²¹その速い光速の提唱者らは、セッターフィールド／ノーマンが不変としていたある物理定数を変えてしまいました。結局のところ、実際の観測証拠は明らかにこのモデルを否定しています。^{23 24}あり得ないのです。そうでなければ、歴史の中で多くの関連する物理定数のバランスが複雑に変化してきたはずなのです。オッカムのかみそりを持ち出すまでもありません（多くの仮定を並べ立てれば説明できるわけではない）。

21 Cho, A., Light may have slowed down, Newscientist.com; www.newscientist.com/article/dn1158-light-may-have-slowed-down.html, 2001.

22 See creation.com/cdk in regard to the fine structure constant.

23 Hartnett, J.G., Is there any evidence for a change in c ? Implications for creationist cosmology, J. of Creation 16(3): 89-94, 2002.

24 また、重力放射によるエネルギー減衰率は光速 c に比例すると考えられますが、実際に観測される連星パルサーからの減衰は現在の c に一致しているのであって、セッターフィールドが言う重力放射がパルサーから放射された時のはるかに速い c にはありません。

Wanser, K., Radioactive Decay Update: Breaking Down the Old-Age Paradigm (DVD recorded at the Creation 2003 conference in West Harrison, Indiana).

25 オッカム [Occam, William of Occam, or Ockham (1284-1347)] はイギリスの哲学者で神学者。彼の思考、論理そして科学的な疑問に関する研究は中世から近代へ思想転換する役割を担いました。彼は、経験と自明の理に基づく科学的知識と、その両者から導かれる定理の土台を築きました。彼は著書中で、アリストテレスの原理を必要以上に拡大すべきではないと訴えています。この原理が思考節約の原理、またはケチの原理と呼ばれています。問題は最も基本的かつ簡潔に記述されなければならない。科学においては問題の真理に適合する最も単純な理論を採択するべきである。www.2think.org/occams_razor.shtml.

このカテゴリーには、もう一つ、ハリスのモデルがあります。²⁶ 創造の時、光速は無限大であったが、人の墮落後、現在の光速になったと言います。泡が宇宙の中から膨らみ、光速は無限大から、泡の表面をたどるようになって現在の速度になった、というように。一つの問題は、光が無限大から有限の速度になった結果、膨大な青方偏移があるはずですが、また、元素のスペクトルの微細構造は、泡が通過した時に、微細構造のない状態から現在の状態になったことになります。このことは星の光の中に観測されるはずですが、そうではないのです。ハンフリーズと私は、この無限の光速の案をあれこれ検討しましたが、迷宮に入ってしまった。

5. 光がその‘途上で’創造された

第五の説明方法は、神（創造主）が聖書に示されたことは創造主の奇跡なのだと理解するものです。もし、私たちが奇跡を目の当たりにしたら、きっと自然現象の理由を探すでしょう。奇跡とは、創造主が自然界に介入されることですが、その間、物理法則は保持されています。しかし、私は、創造主はだましのようなことはされないと思うのです。この案では、星の光がその行路上に創造されたと言いますが、その光は情報を含んでいるからです。たとえば、超新星²⁷が発生すると、その出来事の一部始終が見えています。すなわち光がその情報を運んできているわけです。6千光年以上彼方にある超新星が爆発している様が見えていますが、実際に起こったことではなく、そのような情報を組み込まれた光を創造されたのであれば、それは詐欺のようなものです。創造主が、事実でない壮大な光のフィクションショーを繰り広げていることになります。

この問題については、今見えている情報を含んだ光に見えるように光線がその光源と観測者の間で創造されたという、とってつけたようなや

やこしい奇跡を回避する提案があります。たとえば、1987a という超新星が、17 万光年彼方にある大マゼラン雲で爆発しましたが、創造主が光を即座に宇宙空間の 17 万光年という距離を渡らせ（たとえば、ワームホールを通して）、太陽系に近づくと光は通常の数値になった、というものです。この仮説はテスト不可能で信じがたいということで鳴りを潜めています。聖書にある奇跡は、特別な出来事で、はっきりした目的が示されています。ですから、このことは当てはまりません。理解が難しいことを説明するための便宜的な奇跡のように見えます。

この本は、宇宙について現在言われている多くの謎を解決する新たな物理学を探求しようとしています。それは、謎めいた‘つぎあての理論’を採用せずとも観測データに適合し、しかも地上の時間に対して宇宙の時間が速く進んだという結果に導くものです。それを神（創造主）が超自然的に時間を加速させたからだと言明することもできるでしょうが、この本でこれから見ていくように、ハンフリーズが提唱したような方法で創造主がこの宇宙を用いて行われたのだと言明することもまた、可能なのです。

26 Harris, D.M., A solution to seeing stars, CRSQ 15 (Sept):112-115, 1978.

27 爆発している星

3 ‘暗黒物質’ —今日の‘つじつま合わせの理論’

水星の軌道：一般相対性理論はどのように 惑星バルカンを不用にしたか

19世紀の終わりごろ、天文学者たちは水星の軌道が乱れていることを発見し、未知の力が働いているからだと考えました。当時の標準であり惑星の運動に適用されていたニュートン力学で計算すると、近日点¹がずれていることが分かったからです。その軌道は円に近い楕円で、何百年たっても同じ軌道をたどらず、わずかにずれてバラの花のような形を描きます(図 3.1 参照)。このずれが他の惑星の引力のせいであると推定さ

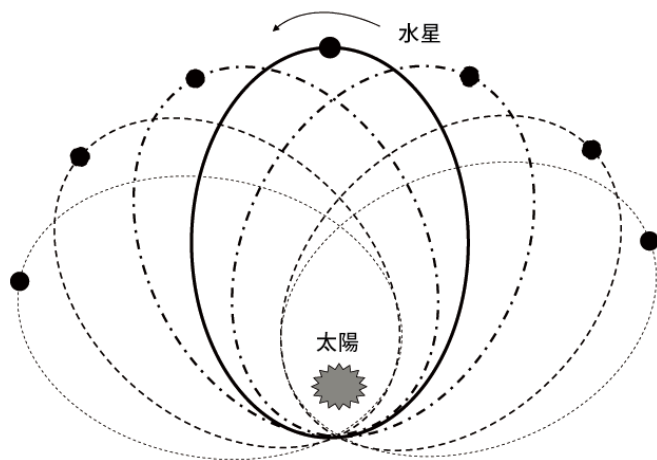


図 3.1 水星の楕円軌道を非常に誇張して描いた図。時間と共に軌道がずれる。

1 惑星が太陽に最も近づく位置

れたのですが、説明のつかない謎として残りました。その量は一世紀に43秒という非常に小さなずれですが、太陽系の天体の運動を研究している物理学者にとっては重大な問題であったわけです。その謎を解決しようとして、惑星の軌道を重力で乱す、見えない‘暗黒’物質の存在が提案されました。それは、ちょうど、地動説以前の時代のアリストアルコス²の地球中心説を説明しようとして提案されたプトレマイオスの周転円のよう、現状理論を維持するために‘暗黒’物質の存在が主張されたのです。その‘暗黒’物質の形態は、当時の理論家によって、水星軌道の内側にある小惑星の帯や惑星だろうとされ、その惑星バルカン³は、太陽の直近を回っているとされました(火の神を意味するバルカンという名が付けられたのはこのため 図 3.2 参照)。そして、そのような惑星が発見されないのは、地球から見て常に太陽の裏側にあるからだと説明されたのです(そのような物体が太陽のすぐそばにあれば、その公転周期は地球よりはるかに短くなるはずなのに、彼らはそのことを無視していました)。



図 3.2 a) バルカンは近代映画スタートレックのスポックの故郷の惑星 Photo from Webphoto and services; www.webphoto.it



b) バルカンは水星の軌道の内側、太陽と至近距離の軌道を回る惑星であると信じられていました。ならば灼熱の惑星です。After NOAA

1915年にアインシュタインの一般相対性理論が発表され、²この問題は解決しました。実際、アインシュタインは計算でその43秒のずれを正確に導き出したのです。‘暗黒’物質は不要でした。足りなかったものは、

2 特殊相対性理論を打ち立ててから10年ほど後の11月25日、アインシュタインは論文「重力場の方程式」を発表しました。www.nobelprize.org/educational/physics/relativity/history-1.html.

新しい正確な物理理論だったのです。太陽の周辺で空間と時間が歪曲していたために、ニュートン力学で扱えない部分があったわけです。これは水星の軌道の場合ですが、アインシュタインの物理理論がその問題の解決にどうしても必要でした。さて、私たちは今、宇宙全体規模でまた同じような問題が起こっているのを見ているのです。その問題の解決に取り組みましょう。

力学的質量

ニュートン以来、天文学者は、公式

$$M = \frac{v^2 R}{G}$$
(3.1)

を用いて太陽の質量 (M) や、惑星など、系内軌道にある‘点粒子’として扱い、たとえば地球の質量を計算しました。式 (3.1) で v はテスト‘粒子’の軌道上の速度、 R はテスト粒子と太陽の重心間の距離、そして G はニュートンの重力定数です。

このニュートンの式 (3.1) で、太陽系外でも、中心となっている天体(星、銀河の中心核)の周りを回っている物体の質量を求めることができます。質量はまた、発光量からも推定できます。しかし、その2つの方法の結果が一致しません。たとえば、銀河内の星の動きから計算される質量は、いつも、観測される光から計算される質量よりはるかに大きいのです。言い換えれば、いつも(見えない何らかの)物質が‘足りない’わけです。

通常、質量 - 真光度 率 (M / L) は計算で求められます。これは、総質量と、光源となっている物質との比で、太陽の比を標準としています。それで、 $M / L = 1$ の物体があるとすれば、光を出さない‘暗黒’物質は含まれず、物理質量は光を出す物質のみで構成されていることになります。

宇宙全体で‘物質が足りない’！？

表 3.1 は、宇宙の領域ごとに M / L をそれぞれの求め方で導き出した結果を示しています。³ 明らかに M と L の値はかけ離れています。ですから、銀河の中、銀河団、超銀河団の中に大量の‘暗黒’物質があると想定されています。実際、宇宙にある物質のほとんどが、一切光を輻射せず、ただ重力効果だけを起こす暗黒物質であると想定されているのです。

表 3.1 では、宇宙の範囲が大きくなるにつれて、この問題が深刻になることがわかります。多くの銀河については、見えている物質、すなわち光を発している物質は、今の物理学では、その銀河の運動から説明される質量のわずか十分の一程度しかありません。

表 3.1 各計測による M/L 値

計測	半径方向の距離 (光年)	M/L
可視光による渦巻き型銀河の回転曲線	3 万	2 ~ 5
電波帯による渦巻き型銀河の回転曲線	3 万	5 ~ 10
渦巻き型の安定に必要なハロー	3 万	4 ~ 12
内部の速度分散から楕円銀河	3,000	5 ~ 12
矮小伴銀河から天の川銀河	60 万	40 ~ 70
一部の銀河団	200 万	40 ~ 80
二連の渦巻き型銀河	150 万	40 ~ 80
速度分散から小銀河団	150 万	40 ~ 90
大銀河団	200 万 ~ 600 万	400 ~ 600

3 Wright, A.E. and Disney, M.J., Universal gravity: was Newton right? Proc. ASA 8(4):334-338, 1990.

見出すことができない‘暗黒’物質、そしてその‘欠如’は宇宙全域に及びます。ですから、‘暗黒’物質とは、宇宙大構造を構成している銀河の動きを表現する数式を、ある型の超新星の爆発の明るさから導き出される距離など実際の観測データに合わせようとして提起されたのです。

さて、天文学には‘標準燭’というものがあり、標準光源とした星の輝度で距離を測ります。その光の量は、ご存知のように距離の2乗に反比例するので、標準光源とした星の光の強度（または等級）がわかっているれば、距離を計算することができます。

近年、宇宙物理学者らは、Ia型超新星(Sne Ia)⁴を超新星の明るさの基準とし、宇宙膨張のモデルをテストしてきました。それは、実際、明るさを正確に定義するためではなく、その赤方偏移量を検証中の宇宙モデルで説明しようとしているのです。

フリードマン-ルメートルモデルが1920年代にアレクサンダー・フリードマンとジョルジュ・ルメートルによって確立されましたが、その最新版を用い、1998年の終わりに、宇宙の膨張とはハッブルが最初に提唱したような単純なものではなく、加速していることが確認されました。⁵ところが、このフリードマン-ルメートルモデルを実際の観測データに合わせようとして、‘暗黒’物質が再提案されたのです。⁶

この時、新たに‘暗黒’物質は、宇宙の質量／エネルギーの22%を占めるとされました。言い換えれば、‘暗黒’物質は、宇宙の質量の85%を占めると想定されています。それが何かについては、エキゾチックな

4 このクラスの超新星は極めて明るく輝いているので見つけ易く、最大輝度から消滅までの時間に照らしあわせて個別に測定できます。

5 Riess, A.G., Filippenko, A.V., Challis, P., Clocchiatti, A. and Diercks, A., Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant, *Astron. J.* 116(Sept):1009-1038, 1998.

6 Tonry, J., Schmidt, B.P. et al., Cosmological results from high-z supernovae, *ApJ* 594 (Sept 1):1-24, 2003.

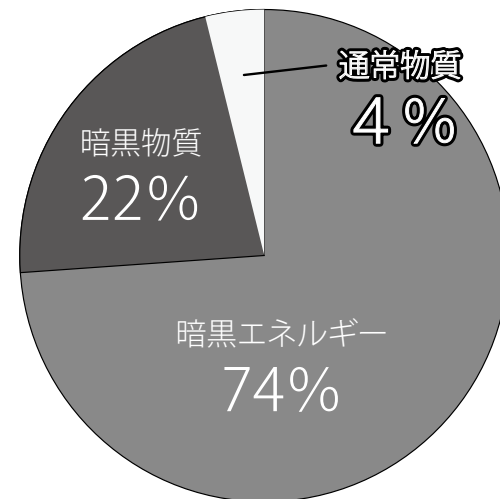


図3.3 フリードマンモデルで主張された現在の宇宙の質量／エネルギーの割合を円グラフにしたもの

粒子(WIMPs)⁷や質量を持つ見えない物質(MACHOs)⁸など、多く提案されています。

‘暗黒’エネルギーも

それでも十分ではなく、結局、別の要素が必要になりました。‘暗黒’エネルギーが宇宙の質量／エネルギーのおよそ74%を占めているのです！（図3.3参照）現代物理学では、‘暗黒’物質も‘暗黒’エネルギーも一切知られていませんが、私たちを取り巻いていると想定されているのです。この考えによれば、バリオンと呼ばれる原子核と電子から成る普通の物質は、わずか4%に過ぎません。

7 Weakly Interactive Massive Particles.

8 Massive Compact Halo Objects.

宇宙特殊相対性理論

アインシュタインの相対性理論以前は、空間と時間は独立していて、座標系は空間に固定されており、時間はその中であって普遍的であり、観測者の運動には無関係であると考えられていました。ローレンツ、ポアンカレ、そしてアインシュタインはその概念を壊しました。アインシュタインの特殊相対性理論とは、光速 c （真空中）は一定であり、時間と空間は相互に関係して時空連続体としてふるまい、観測者の運動によって歪む。どの観測者も、出来事が、いつ、どこで起こったかを絶対的に特定できない。異なる相対速度で運動している観測者は同じ出来事の時間経過が異なって観測される、というものです。当時、この理論は気ちがいじみていると言われましたが、以来、何十年間、多くの実験で裏付けられてきました。後になって、アインシュタインは、宇宙におけるこれらの次元に重力効果を加え、時空は歪曲しているという一般相対性理論を発表しました。この理論によって、水星の異常な軌道を理論的に説明したのです。

カルメリの新理論

1990年代の初め、理論物理学者モーシュ・カルメリは、宇宙に関するこの理論を発展させました。60代初めであった彼は、イスラエル、ベエルシェバの自宅の食卓の周りに新しい宇宙理論を書き込んでいました。紙に計算を書き込むのは学生時代の習性でした。彼は、半生かけてアインシュタインの特殊相対性理論と一般相対性理論を研究し、詳細に分析した本を多く出版しています。⁹

カルメリは、天文学者らが実際測定しているのは距離と速度の二つだけであることをよく認識していました。実際にその二つのどちらも、星の等級（明るさ）や赤方偏移（第4章参照）のような他の測定結果から導

き出されるからです。そして、宇宙を最大規模で見ようとしても、銀河群が夜空に見えているかのような静止している写真しか撮ることができないからです。それにもかかわらず、それらの写真の銀河は赤方偏移していて、ハッブルの法則によってその距離が特定されています。このことから、彼は新しい理論である、宇宙特殊相対性理論（CSR）¹⁰を、そして、それに続いて、物質を含めた宇宙一般相対性理論を打ち立てました。

1996年に、カルメリは、その新しい理論（詳細は第4章参照）を用いて、宇宙の膨張が加速していることを予言しました。¹¹そのことが観測で認められるおよそ2年前のことでした。カルメリの新しい‘スペースベロシティ（宇宙速度）理論’は、アインシュタインの一般相対性理論の延長線上にあり、新たな次元として宇宙空間の膨張速度を加えました。彼の理論は、アインシュタインの相対性理論のすべてを取り入れていて、太陽系のような小さな領域で成り立つだけでなく、もっと大きな銀河や宇宙全体規模にまで適合範囲を拡大したのです。

また、カルメリは、彼の理論¹²で、高い赤方偏移を示すIa型超新星の観測データを再現することに成功しました。私の理論もその方法を拡張し、赤方偏移を起こす質量を計算して、宇宙全体規模で‘暗黒’物質の必要性を取り除きました。¹³しかし、カルメリの宇宙論は‘暗黒’エネルギーをあからさまに取り扱っていません。‘暗黒’エネルギーとは、既述のよ

10 Behar, S. and Carmeli, M., Cosmological relativity: A new theory of cosmology, Int. J. Theor. Phys. 39(5):1375–1396, 2000. Carmeli, M., Cosmological relativity: Determining the universe by the cosmological redshift as infinite and curved, Int. J. Theor. Phys. 40(10):1871–1874, 2001. Carmeli, M., Cosmological Special Relativity, 2nd ed. World Scientific, Singapore, 2002.

11 Carmeli, M., Cosmological general relativity, Communications in Theoretical Physics 5:159, 1996.

12 A geometric function that describes the distances between pairs of points in a space.

13 Hartnett, J.G., Carmeli's accelerating universe is spatially flat without dark matter, Int. J. Theor. Phys. 44(4):485–492; arxiv.org/abs/gr-qc/0407083, 2005.

9 Carmeli, M., Classical Fields, World Scientific, Singapore, 1982.

うに、(不適切な)既存の物理学を宇宙大構造に適用しようとした結果、想定されたものです。しかし、適切な物理学を用いるなら、‘暗黒’物質と考えられていたものとは、真空の特性であるということになるのです。真空とは‘何もない’ことですが、新理論(この新しい物理学)ではこれを真空の特性要素として組み入れます。(詳細は英文原書の Appendix 1 参照)

私は、この理論を観測データに当てはめてみました。¹⁴すると、宇宙の通常の質量は、宇宙の臨界質量(観測の効果を及ぼすのに必要な質量)の約4%になります。この値は、観測しうる通常の物質(バリオン)の量と同じです。ですから、‘暗黒’物質は必要ありません。(第4章、そして英文原書の Appendix 2 参照)このモデルでは観測データとよく一致し、フリードマン/ルメートルモデルを用いた場合よりはるかによい結果が得られます。この新しいカルメリ/ハートネット モデルは、あらゆる奇妙な‘暗黒’物質を全く必要としません。実際このモデルでは、宇宙は非常に低い密度であって、それは観測どおりです。より深く理解するためには、*宇宙特殊相対性理論 (Cosmological Special Relativity)*¹⁵、*宇宙相対性理論 (Cosmological Relativity)*^{16 17}、そして、英文原書の Appendices を読まれることをお勧めします。

14 Hartnett, J.G., The distance modulus determined from Carmeli's cosmology fits the accelerating universe data of the high-redshift type Ia supernovae without dark matter, *Found. Phys.* 36(6):839–861, June 2006; arxiv.org/abs/astro-ph/0501526; Oliveira, F.J. and Hartnett, J.G., Carmeli's cosmology fits data for an accelerating and decelerating universe without dark matter or dark energy, *Found. Phys. Lett.* 19(6):519–535, November 2006; arxiv.org/abs/astro-ph/0603500.

15 Carmeli, M., *Cosmological Special Relativity*, 2nd ed. World Scientific, Singapore, 2002.

16 Carmeli, M., *Cosmological Relativity*, World Scientific, Singapore, 2006.

17 RELATIVITY Modern Large-Scale Spacetime Structure of the Cosmos, Carmeli, M. (Ed.) World Scientific, Singapore, 2008.

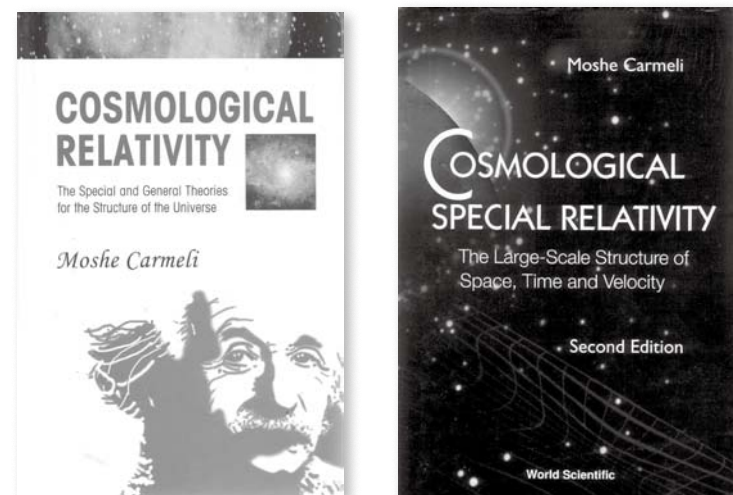


図 3.4 カルメリの著書「宇宙相対性理論」と「宇宙特殊相対性理論」
World Scientific Publishing Company

銀河内‘暗黒’物質の問題

旋回運動する星による銀河の独特の回転曲線は、数十年間、多くの天文学者が関心を持って調べてきたことですが、最近、渦巻き状銀河の盤面の中性水素原子と他のガスの運動を、分光スペクトルを用いていっそう正確にその特性が確認されています。

ニュートン力学では、旋回する物体(たとえば、星、ガス分子)が回転中心(たとえば、銀河の中心核)から遠くなるほど速度は遅くなります。渦巻き銀河の周辺軌道の旋回速度は銀河円盤領域のそれよりずっと遅いはずですが、太陽系においては全くそのとおりで、水星や金星の公転速度は、その外側を回っている天王星、海王星よりずっと速いのです。ところが、渦巻銀河の円盤領域にある星やガスの旋回速度を中心からの距離に応じて測ると(図 3.5 参照)、概して銀河の中心から遠ざかるほど増加しているのです。中には逸脱した旋回速度が計測されたものもありますが、ほ

とんどはその傾向にあります。この中心からの距離と旋回速度の関係をグラフにしたものを‘回転曲線’と呼んでいます。一般的に物体の速度は、銀河の中心から遠く離れるにつれて減少し、ゼロになるはずですから、このことは異常であると言えます。

多くの明るい銀河では、星を含む円盤の外側で‘回転曲線’はわずかに下がりますが、下がり始める所まで円盤の広範囲で最大値を保っています。平均的な質量を持つ銀河では、半径に沿ってほとんど一定の回転速度を保っています。暗い銀河では、円盤外側に向かうほど回転速度は単純に増加します。¹⁸そのため、あらゆる電磁放射を素通りさせる‘暗黒’物質ハロー（雲のように取り巻いているもの）が銀河を取り巻いて存在しているのではないかと考えられているのです。（図3.5参照）実際、天文学者たちは、天体の観測された運動が既知の物理学で説明できない時はいつも必ず‘暗黒’物質に頼ってきたのです。その‘暗黒’物質ハローは、銀河の周りに球状に、しかしその中でげのように分布していると考えられています。実際、‘暗黒’物質は銀河の中心部にはあまり必要ではなく、ほとんどが中心から離れたところで必要です。ビッグバン天文学者でさえ、これはとって付けた、言い訳のような解釈であると考えています。

1983年にミルグロムはMOND理論²⁰、非常に低い加速系におけるニュートン力学改造の実験的アプローチを発表しました。ニュートンの

18 For a good review, see Sofue, Y. and Rubin, V., Rotation curves of spiral galaxies, Annual Review of Atomic and Molecular Physics 39:137-174, 2001.

19 Begeman, K.G., Broeils, A.H. and Sanders R.H., Extended rotation curves of spiral galaxies: Dark haloes and modified dynamics, M.N.R.A.S. 249:523-537, 1991.

20 MOND = MODified Newtonian Dynamics. (改良型ニュートン力学) See Milgrom, M., A modification of the Newtonian dynamics—Implications for galaxies, Astrophysical Journal 270:371-383, 1983; Milgrom, M., A modification of the Newtonian dynamics—Implications for galaxy systems. Astrophysical Journal 270:384-389, 1983; Milgrom, M., A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis. Astrophysical Journal 270:365-370, 1983.

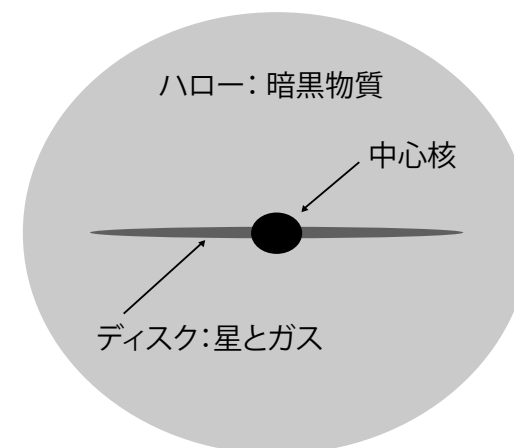


図3.5 渦巻き型銀河を取り巻く‘暗黒’物質ハローの概念図

万有引力の法則では、力は半径距離の2乗に反比例しますが、ミルグロムは、‘単に’データに合わせて、半径距離に反比例する法則を仮定することによってうまくデータに合うと発表したのです。しかし、ミルグロムはそれを裏付ける理論を持っていませんでした。²¹他の科学者らが万有引力の法則の改造版を公式化しようとしてしました。ディズニー、²²ライトとディズニー、²³そしてカルメリです。

カルメリは、アインシュタインの一般相対性理論を5次元化した拡張理論を発表しました。それは、ハッブルの宇宙膨張が銀河内の物体の運動と力学的原理に作用しているというものです。彼は、よく知られている

21 バッケンスタインはあらゆる場を組み入れた相対性 (TeVS = Tensor Vector Scalar) 理論を完成しました。それによると、アインシュタインの一般相対性理論は相対性テンソル場理論です。バッケンスタインは一般相対性理論と争うような非相対性の場面に遭遇しないMONDに至る理論の確立に取り組んできました。www.en.wikipedia.org/wiki/Tensor-vector-scalar_gravity.

22 Disney, M.J., The Hidden Universe, Dent, London, 1984.

23 Wright, A.E. and Disney, M.J., Universal gravity: Was Newton right? Proceedings of the Astronomical Society of Australia 8(4):334-338, 1990.

‘タリー・フィッシャーの関係’²⁴において、銀河の回転速度²⁵には第4番目の力が作用していて、それが銀河の輝度に比例することを示しました。実際、カルメリは、仮定の域を出なかった銀河の質量と輝度の関係を導き出しました。‘タリー・フィッシャーの関係’は天文学でよく信頼されていて、光源自体の輝度の秤となるので、銀河の距離を特定するのに通常これが用いられています。もし、すべての銀河にちょうどよい量の‘暗黒’物質があって、そのことを裏付ける理論がないにもかかわらず、この関係をつくり出しているとしたら、あまりにも奇妙な偶然ではありませんか。

そのカルメリの理論は、結果として、‘暗黒’物質の存在に疑問を投げかけましたが、物体運動の計算の目印となるガスや星の運動を方程式で示すまでには至りませんでした。私は、彼の理論を拡張することで、典型的な銀河の‘回転曲線’²⁶を導き出しました（英文原書のAppendix 3参照）。ですから、この理論では、質量不足と主張されたことについて、‘暗黒’物質なしで説明がついてしまいます（銀河規模）。その得られた M/L の値は2~7であって、表3.1と一致します。ニュートン力学では、渦巻き銀河のような規模で、‘暗黒’物質を動員したとしても適正な物理理論を導き出せないからです。

私は、この新しい物理学（第4章でさらに詳しく述べます）を、銀河団、超銀河団にまで拡張し、それらの領域で極度に大きな M/L 比となる‘暗黒’物質の問題（表3.1）をついに解決しました。実際、因習的なニュートン力学に頼って、大銀河団の質量のほとんどが‘暗黒’物質

24 Carmeli, M., Derivation of the Tully-Fisher Law: Doubts about the necessity and existence of halo dark matter, Int. J. Theor. Phys. 39(5):1397-1404, 2000; Carmeli, M., Is galaxy dark matter a property of spacetime? Int. J. Theor. Phys. 37(10):2621-2625, 1998.

25 専門的に言うと、天文学者は、星でできた円盤の末端で最も外側をたどりながら回転するガスの速度を測定しています。通常、この領域の回転曲線は半径方向の距離に応じて一定なので、ほぼ銀河全体が一定の回転速度で回るようなイメージです。

26 Hartnett, J.G., Spiral galaxy rotation curves determined from Carmelian general relativity, Int. J. Theor. Phys. 45(11): 2118-2136, 2006; arxiv.org/abs/astro-ph/0511756.



図3.6 典型的な渦巻き型銀河——美しいソムブレロ（M104）銀河
NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA).²⁷

にされてしまいましたが、カルメリの宇宙論なら、あらゆる範囲の銀河の観測データと比較しても、‘暗黒’物質はまったく必要ないのです。このことは私が研究し、発表してきたことですが、今まで行った計算結果はそれが正しいことを示しています。²⁹

この研究によれば、渦巻き型銀河の異常な回転曲線は、銀河の円盤の末端で星やガスの速度が増加していることを示していて、ガスの勢いが非常に弱い状態では、ガスの粒子が宇宙構造の膨張の方に結びつい

27 See www.hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2003/28/image/a.

28 銀河団にある銀河はそれらの共通の中心の周りを回っています。惑星のように中心天体を回るのではないが、その運動は今もニュートン力学で考えられています。しかし、この場合、系全体の質量を計算するのにビリアル定理が用いられます。銀河団に動的平衡状態を要求する方法です。ビリアル定理では、安定して自己重力分散状態にあるもの（銀河など、またガス粒子など）物体の時間平均した総運動エネルギーは、総エネルギーポテンシャルに（-1/2）を掛けたものに等しいということです。銀河内では個々の物質自体に重力ポテンシャルと運動エネルギーの交換が起きていますが、系の時間平均した総ポテンシャルと総運動エネルギーは一定を保ちます。その要素は外部から力が加わらない限り壊れることはありません。各成分の位置と速度は常に制限範囲内にあります。安定した惑星軌道に類似しています。

29 Hartnett, J.G., Spheroidal and elliptical galaxy radial velocity dispersion determined from cosmological general relativity; arxiv.org/abs/0707.2858.

てしまうことによります。そのような状態では、高等学校か大学で習うように、重力は‘距離の2乗に反比例する’のではなく、‘距離に反比例’するのです。MOND 実験理論に似ているとも言えますが、ここでは厳密に相対性理論に基づいています。そういうことなら、銀河の円盤の外側に行くほど星の速度が想定外に速くなくても不思議ではありません。

しかし、この新しい物理学の最大のチャレンジは、おそらく、超銀河団の銀河間にある銀河団高温ガスの運動を説明することでしょう。天文学者らは、銀河団の質量は、銀河そのものよりX線を輻射する熱いガスのほうがはるかに大きな割合を占めていて、銀河団の質量を割り出すのに、ガスを熱力学の法則で計算すると、銀河そのものは無視できるほどであると言っているからです。(図 3.7 参照)

X線を輻射する原因として通常考えられるのは、高温の源があるか、系の中の重力でガスのポテンシャル・エネルギーが圧縮されるかです。ガスの質量は、その温度がわかれば、衝突がない場合のボルツマンの式で計算できます(‘暗黒’物質は衝突しないと想定されています)。ですから、X線の源は‘暗黒’物質ではなく、X線を輻射可能な通常の物質が膨大な重力ポテンシャルで圧縮された結果であり、その重力の原因が‘暗黒’物質であるとされているのです。

私は、同じ方法で、銀河団ガスの加熱の大半が、ガスイオンと分子の運動の結果であり、それはさらに、宇宙自体の膨張の結果であることをはっきり示すことができました。それは、非常に小さな力ですが、ガスの軌道がニュートン力学ではなく、カルメリの理論によるからです。この理論では、ガス粒子の不規則な運動は著しく過熱に貢献するので、熱力学に当てはめると、‘奇妙な’暗黒物質に頼らなくても説明できてしまいます。

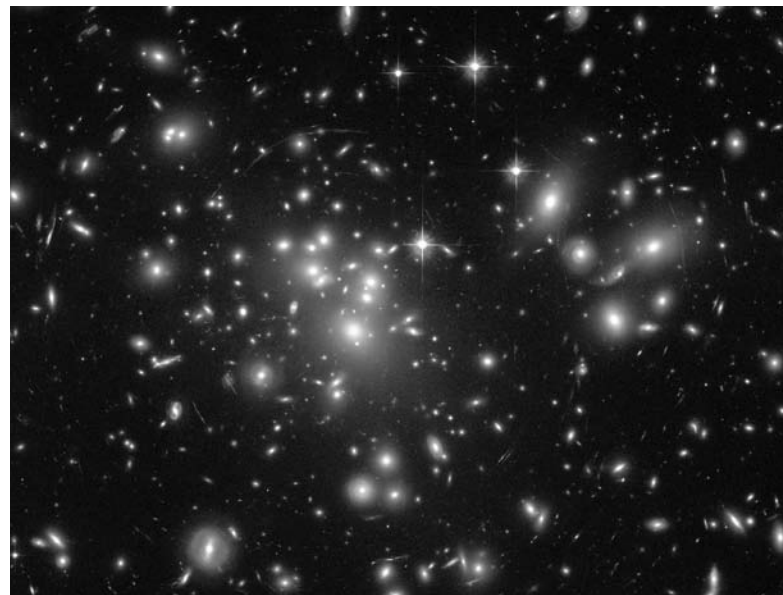


図 3.7 大銀河団——Abell 1689 銀河団

NASA, N. Benitez (JHU), T. Broadhurst (Racah Institute of Physics/ The Hebrew University), H. Ford (JHU), M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), G. Illingworth (UCO/Lick Observatory), the ACS Science Team and ESA.³⁰

新展開

今までほとんどの天文学者は、重力のみが銀河を支配し宇宙膨張の効果はないと信じてきました。しかし、カルメリの理論では、宇宙膨張の状況下の真空の性質で、宇宙の全範囲で‘暗黒’物質を不要とし、銀河内の天体の運動についていっそう正確に説明できてしまいます。さらに、カルメリ理論は、‘暗黒’エネルギーも宇宙定数もなしで宇宙膨張を説明します。新しい物理学は、‘暗黒’物質なしで、銀河単体から銀河団、超銀河団の運動に至るまで、全宇宙に適合範囲を広げているのです。これらの結果は、宇宙に対する既成概念を覆すものです。20 世紀の始まりに、アインシュタインの理論によって太陽系の‘暗黒’物質は不要になりましたが、今また、よく似た状況にあるのではないのでしょうか。

30 See www.hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2003/01/image/a.