

論文

時空次元数の連続化について

吉村高男*1

キーワード：時間次元、空間次元、時空間、次元数、連続次元、宇宙起源

1 はじめに

物理法則は時空次元数と深い関わりがある。よく知られているように、運動量保存法則、角運動量保存法則、エネルギー保存法則など、物理量に関する保存法則の存在は、空間の一様性（並進対称性）、等方性（回転対称性）、及び時間の一様性（時間発展対称性）と深く結びついている（Noether の定理）。他の物理法則についても、時空次元数が 1+3 の 4 次元であるが故に成立していると考えられるものが数多く存在していることがわかる¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。天体運動を秩序づけている万有引力及び電磁気力の基本となる Coulomb 力に見られる逆 2 乗法則は、マクロ的な空間次元が 3 次元であることと深く関係している。一般相対性理論における Einstein 方程式は、時空の構造と物質の相互作用を記述する理論として時空の次元数によらない非常に高い一般性を持っている。重力が普遍的に強い引力であることを示す特異点定理⁶⁾も全く次元に依存しない。しかしながら、2 体系の挙動を調べると、よく知られているように、時空次元が 4 次元の時には安定な束縛運動が存在するが、Newton 近似だけでなく、一般相対論的に考えても、それ以外の整数次元では様々な不都合なことが生じる。量子力学の大きな成果の一つとして、原子の安定性を示したことにあるが、重力ポテンシャルの次元依存性が Coulomb ポテンシャルにも同様に生じるため、原子の安定性についても時空次元が 4 次元以外では様々な問題が生じる。実際に、時空次元数が 1+4 の 5 次元以上の時空では、繰り込み可能な相互作用は一般に存在しない。量子電磁力学(QED)も繰り込み不可能になる。

さらに、時空次元と波動の伝搬の仕方には深い関係がある。空間の次元数と波動現象を説明する Huygens の原理の関係を考えると教育的である。波動現象を説明する Huygens の原理は、波動方程式を解いてみると直ちに分かることであるが、空間次元数が 3 以上の奇数次元の時に合理的に成立する。つまり、私達が住んでいるこの宇宙の時空次元数が 1+3 の 4 次元だからこそ、合理的な波動現象が生じていることが分かる。空間次元数が 2 次元をはじめ、偶数次元である場合には Huygens の原理が成立しない。

現在の素粒子論では、基本的には 4 つの相互作用、即ち、4 つの力（電磁気力、弱い力、強い力、重力）が存在することが知られている。Higgs 粒子⁷⁾⁸⁾の発見により、予言された素粒子の基本的な構成要素のすべてが確認された標準理論では、重力以外の 3 種類の力にはよく理解され、様々な物理量が正確に計算できるようになった。重力まで含めた統一理論として有望視されているのが超弦理論⁹⁾である。この理論については、よく知られているように、弦の量子化条件として anomalies（量子異常）が生じない時空次元として 10 次元が導かれる。超弦理論には 5 種類あるが、最近はそのらを統一し、ランドスケープする理論として時空 11 次元の M 理論¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾が注目されている。そのような高次元から宇宙開闢を通して、私達が日常的に感じている時空 4 次元を必然的に導くことが、現在の物理学における大きな課題の一つである。この件については、超弦理論 II B タイプのモデルで、プランク長スケールと呼ばれる極微レベルでの議論ではあるが、コンパクトな 9 次元空間からコンパクトに留まる 6 次元空間を

*1 山口福祉文化大学 ライフデザイン学部

残し、私達が慣れ親しんでいる 3 次元空間が広がる現象が、スーパーコンピューターを使った計算により、普遍的に得られた¹³⁾ということが最近の話題になっている。それが、宇宙のインフレーション、ビッグバンに必然的に繋がるかどうかは今後の課題で、全く未解明である。

本稿では、そのような高次元の整数次元における宇宙を議論するのではなく、時空次元数をダイナミカルな変数とした連続次元として捉える。時空次元数の連続化は、宇宙開闢時の超高エネルギー状態や、物質階層の奥深いところで本質的になってくる。逆に、そのように考えることで、宇宙のインフレーション、ビッグバンが必然的に導けるはずである。Einstein は、物質の存在が時空の歪みに繋がるとして Riemann 幾何学を物理学に活用した。しかしながら、今後は、連続次元を考えに入れた J. von Neumann の連続幾何学¹⁴⁾の発想を物理学に活用することを考えたい。安定な 4 次元時空からの次元のずれが物質を形成しているという考え方である。素粒子と相互作用の存在を、時空次元の切り口から考えた場合に、どのような新しい物理学がイメージできるかという視点から、いくつかのモデルを示しながら本稿では議論を展開する。

2 空間次元数と有効ポテンシャル

太陽系における惑星軌道の安定性については、それらが運動する空間の次元数に関係した万有引力の形状及び遠心力の効果を加味した「有効ポテンシャル」の形を考えることで理解できる。空間次元が 3 次元だからこそ万有引力の逆 2 乗法則が成立し、安定な軌道が存在することがわかる。万有引力のような中心力場において、その周りを周回する質量 m の物体の動径方向の全エネルギー E は、空間次元数を d として、遠心力ポテンシャルと万有引力ポテンシャルを加えた「有効ポテンシャル」を V_{eff} で表すと、次式で示すことができる。

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + V_{eff} = E \quad (1)$$

ただし、

$$V_{eff} = \frac{l^2}{2mr^2} - \frac{G_c M m}{(d-2)r^{d-2}} \quad (2)$$

太陽系モデルでは、 m は惑星の質量で、 l はその角運動量、 M は中心に存在する太陽の質量である。空間次元数が 3 の時の万有引力定数は G で示すが、空間次元数が 3 からずれた次元数に対して、両辺の物理量の次元が全体で合うように調整した万有引力定数を G_c としている。ここでは簡単のため、その定数の値については、すべての空間次元で変わらないものとしておく。

次に、惑星の質量として地球の値をモデルに取って、空間次元数 d の値を整数値だけでなく、段階的に非整数値の場合も考えた有効ポテンシャルの形状について、数式処理ソフトの「Mathematica」を使って求め、軌道の安定性について議論をする。

まず、私達が慣れ親しんでいる空間次元数 $d=3$ の場合の有効ポテンシャルについて示す (図 1)。

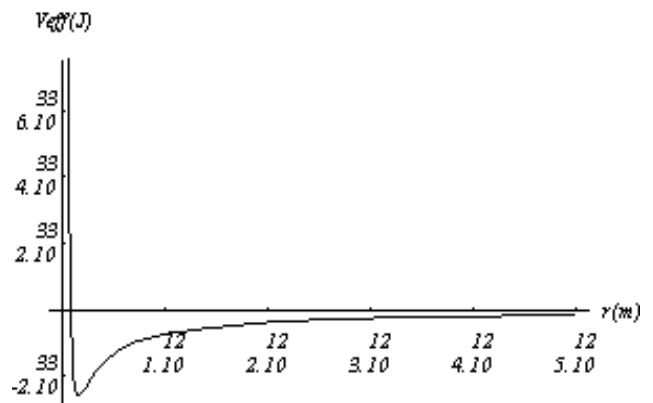


図 1 空間次元数 $d=3$ の有効ポテンシャル

横軸が太陽からの距離 r (単位: m)、縦軸が有効ポテンシャル V_{eff} (単位: Joule) の大きさを表しており、横軸が 10^{12} オーダー、縦軸が 10^{33} オーダーのスケール

を示す。ポテンシャルについては、負の値が引力で、正の値が斥力を表す。ポテンシャルの値が最小になるところが最も安定な場所であり、太陽と地球間の平均距離を示す1天文単位も、この辺りに位置し、地球軌道のように円軌道に近いものとなる。一般に、ポテンシャルが窪みを形成し、その部分を惑星が楕円運動する場合は、太陽を中心に束縛された周期的な安定軌道を描く運動であると言える。

次に、空間次元数が $d=3.01$, $d=3.03$, $d=3.05$, $d=3.1$, $d=4$ (図2,3,4,5,6) のように、空間次元数が3次元から微妙に増加する場合と $d=2.99$, $d=2.97$, $d=2.95$, $d=2.9$, $d=2.1$, $d=2$ (図7,8,9,10,11,12) のように空間次元数が3次元から微妙に減少する場合について計算した有効ポテンシャルの形を示す。

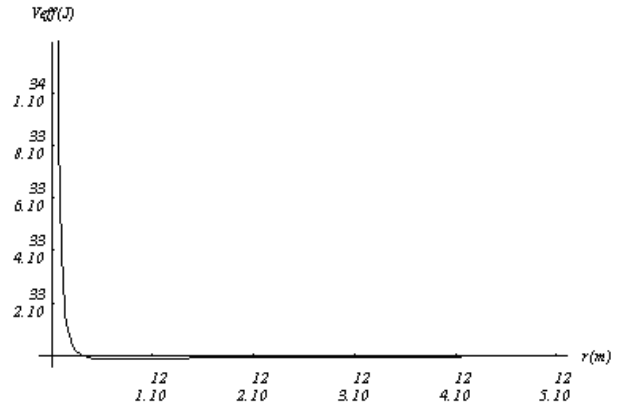


図4 空間次元数 $d=3.05$ の有効ポテンシャル

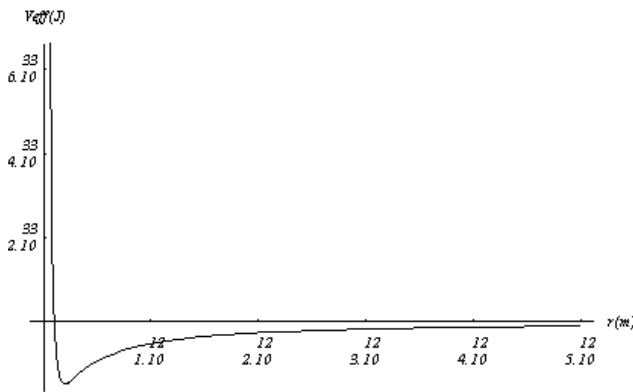


図2 空間次元数 $d=3.01$ の有効ポテンシャル

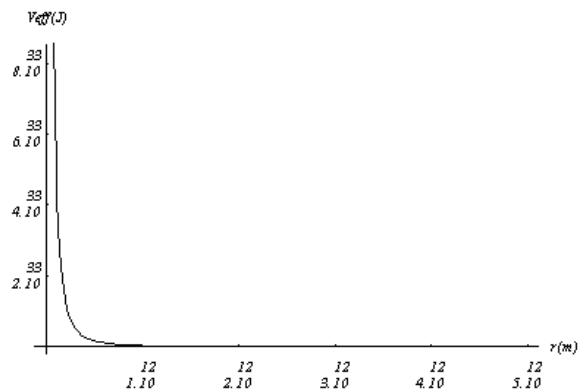


図5 空間次元数 $d=3.1$ の有効ポテンシャル

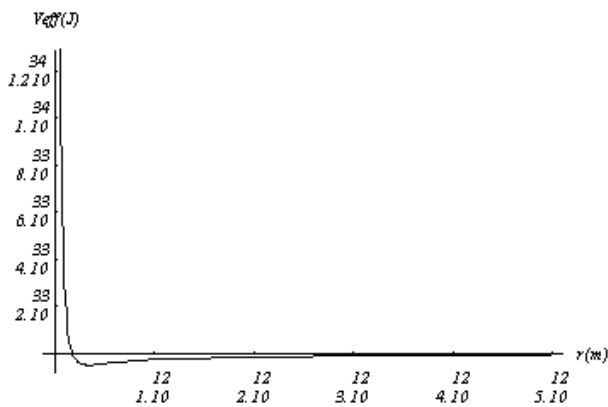


図3 空間次元数 $d=3.03$ の有効ポテンシャル

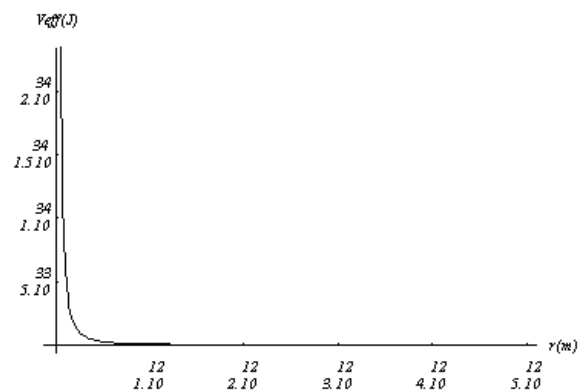


図6 空間次元数 $d=4$ の有効ポテンシャル

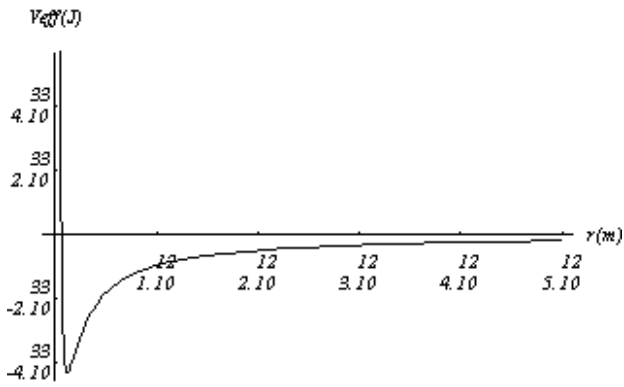


図7 空間次元数 $d=2.99$ の有効ポテンシャル

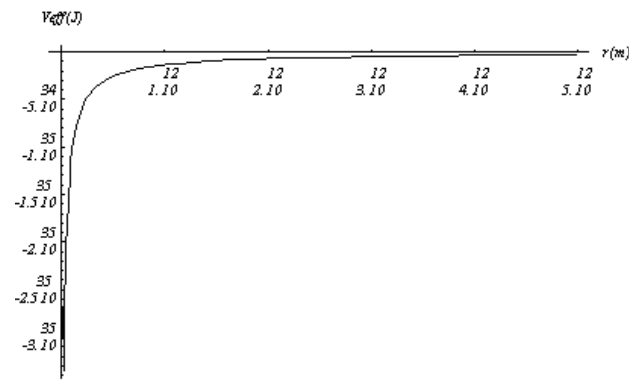


図10 空間次元数 $d=2.9$ の有効ポテンシャル

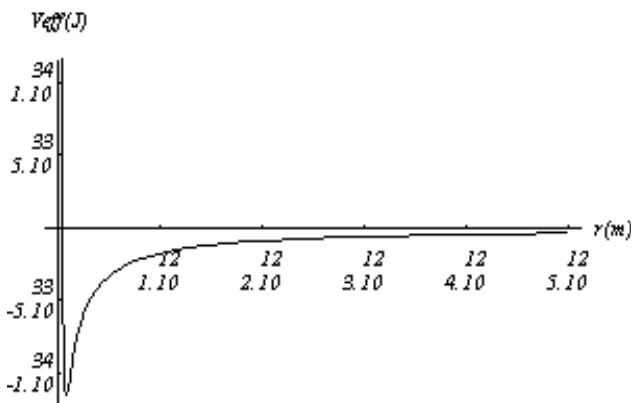


図8 空間次元数 $d=2.97$ の有効ポテンシャル

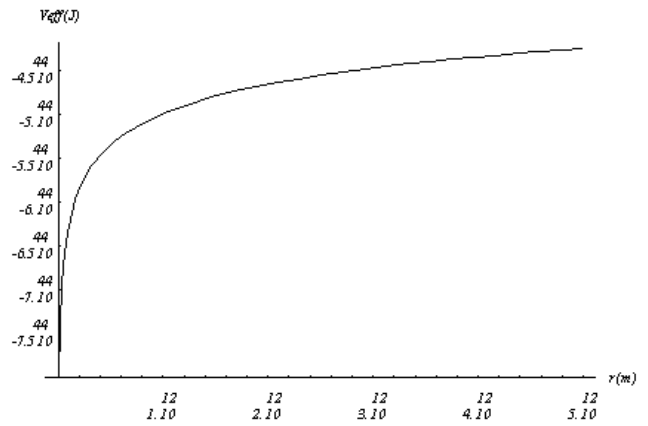


図11 空間次元数 $d=2.1$ の有効ポテンシャル

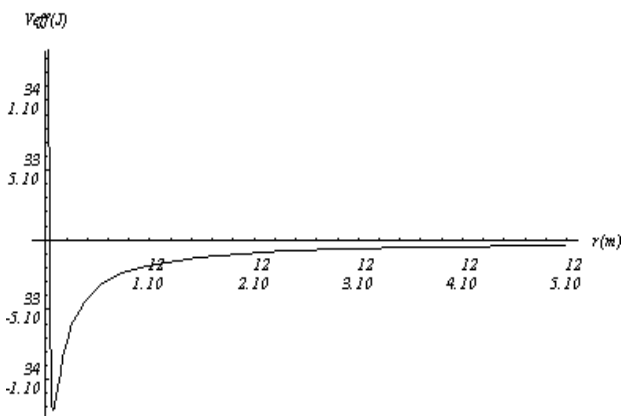


図9 空間次元数 $d=2.95$ の有効ポテンシャル

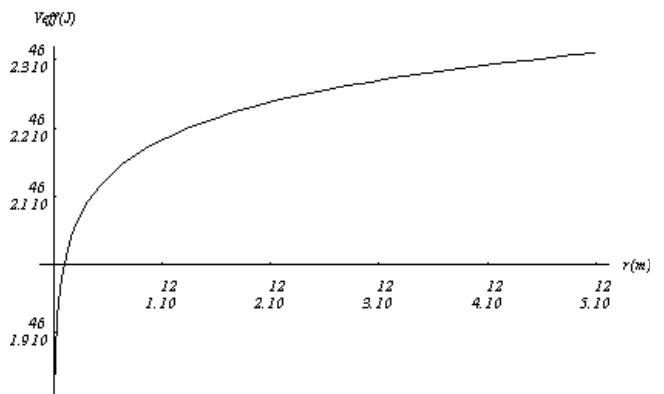


図12 空間次元数 $d=2$ の有効ポテンシャル

空間次元数が3から増加していくと、物体の運動において束縛状態を形成する、有効ポテンシャルの窪みの深さは次第に浅くなり、空間次元が3.05次元辺りではほとんど引力はなくなり、それ以上の高次元においては、斥力が主体になる。これは、万有引力に関係する重力ポテンシャルの値が高次元になるほど小さくなるため、斥力として働く遠心力ポテンシャルの値が相対的に強くなっていくからと考えられる。

一方、空間次元数が3から減少していくと、有効ポテンシャルの窪みはしばらく残っていくが、引力による重力ポテンシャルが強くなり、束縛状態が次第になくなる。2次元に近づいてくると、その傾向は増し、2.9次元あたりからは中心部に引き込まれるポテンシャルの形になる。

いずれにしても、次元とポテンシャルの関係について、空間次元数が3の近傍においてのみ、引力による束縛状態が自然に形成される有効ポテンシャルの形状となることが分かる。

ところで、余剰次元と万有引力定数との関係について、N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos, G. Dvali¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾が議論したように、一般に、時空4次元からずれた余剰次元(整数値)が存在する場合には、私達がよく知っている万有引力定数の値が、理論的に変化してくる。余剰次元が1次元増加した、空間4次元では太陽系を超えるスケールにその余剰次元の効果が及ぶ。しかし、観測事実から明らかなように、私達の知っている空間は3次元なので、そのことは現実的には否定される。2次元以上のずれ、即ち、空間次元が5次元以上になると余剰次元の効果が1mm以下のスケールになる。空間次元が6次元以上になると、その効果が及ぶスケールがさらに小さくなる。まさに、超弦理論のスケールになっていく。1mm以下のスケールにおいては、従来のCavendishの方法で万有引力の逆二乗法則を確認することが難しく、そのことが確かめられていない。

本稿では、空間次元数のずれが3からわずかにずれただけの場合について特に注目しているので、すでに述べたよ

うに、ここで行ったシミュレーションにおける万有引力定数の値については、空間次元が3次元の場合のよく知られている値を利用した。

3 水星の近日点移動

力学分野における物理法則と空間の次元数との絡みについて、例えば、太陽・惑星系の近日点移動について考えると面白い。

良く知られているように、水星の観測による近日点移動は100年で574秒であるが、他の惑星の効果等を考慮に入れ、Newton力学を用いて解くと、理論的に43秒少ない531秒となる。この43秒のずれを、理論的に解消したのがEinsteinによる一般相対性理論である。

ここでは、その効果を一般相対性理論に頼らずに、万有引力の逆2乗法則の微妙なずれによるものと考え、その由来を空間の次元数のずれと読み直して計算を試みる。

太陽を中心として、その周りを回る惑星の運動を考える。空間次元数が $3+\epsilon$ として微妙にずれており、ポテンシャルが $1/r^{1+\epsilon}$ に比例した運動をしていると考える。Newton力学を使った2体問題で解く。運動方程式は、

$$\frac{d^2u}{d\theta^2} + u = -\frac{1}{mh^2u^2} \left(-\frac{G_\epsilon Mm}{r^{2+\epsilon}} \right) \quad (3)$$

となる。 u は動径方向の距離 r の逆数であり、 h は面積速度の大きさである。すでに述べたように、空間次元数が3からずれた次元数に対して、物理量の次元が全体で合うように調整した万有引力定数を G_ϵ としている。この方程式を解くために、

$$r = \frac{L}{1 + e \cos \gamma\theta} \quad (4)$$

としている。ただし、

$$u = \frac{1}{r} \quad (5)$$

$$L = \frac{h^2}{G_\epsilon M} \quad (6)$$

である。 e は離心率である。 $0 < e < 1$ で閉じた楕円軌道となる。 $e=0$ の時は、円軌道である。このようにして、 γ と ϵ の関係を求めると次のようになる。

$$\gamma = 1 - \frac{\epsilon}{2} \quad (7)$$

一方、一般相対性理論においては、水星の近日点移動を求めるために、質点の測地線を与える方程式

$$\frac{d^2 x^\lambda}{ds^2} + \Gamma^\lambda_{\mu\nu} \frac{dx^\mu}{ds} \frac{dx^\nu}{ds} = 0 \quad (8)$$

から導かれる次の方程式を使う。

$$\frac{d^2 u}{d\theta^2} + u = \frac{kM}{\alpha^2} + \frac{3kM}{c^2} u^2 \quad (9)$$

ここで、

$$\alpha = mMh \quad (10)$$

$$k = GmM \quad (11)$$

である。

この方程式を解くために、同様に(4)式を用いる。ただし、万有引力定数は本来の G である。

$$r = \frac{L}{1 + e \cos \gamma \theta} \quad (12)$$

適切に近似計算を実行すると γ は次のようになる。

$$\gamma = 1 - \frac{3G^2 M^2}{c^2 h^2} \quad (13)$$

ただし、 c は光速である。この γ により、近日点の

移動が生じる。この近日点移動に関する議論は、現在広く受け入れられているものである。

しかしながら、近日点の移動が生じる原因を一般相対性理論の効果に頼らずに、万有引力の逆2乗法則の微妙なずれによるものと考え、その由来を空間の次元数のずれと読み直す。つまり、次元数をダイナミカルな変数と考え、連続化を図るわけである。

(13)式の γ に関する右辺の第二項は、(7)式で求めた γ に関する第二項と同じであるため、次元数のずれ ϵ は、

$$\epsilon = \frac{6G^2 M^2}{c^2 h^2} \quad (14)$$

となる。このような空間の次元数のずれが水星の軌道周辺であるとすれば、この値は、 6.41×10^{-7} となる。わずかな次元数のずれを考えることにより、水星の近日点移動の現象が矛盾なく説明できる。

その際、この次元数が3より大きい方にずれるか、小さい方にずれるかが、興味ある問題になる。実際の観測値は近日点の角度のずれが惑星の進む向きである。次に示したシミュレーションで明らかのように、太陽周辺における次元数は3より大きくなるとうると、この現象が合理的に説明できる (図13)。

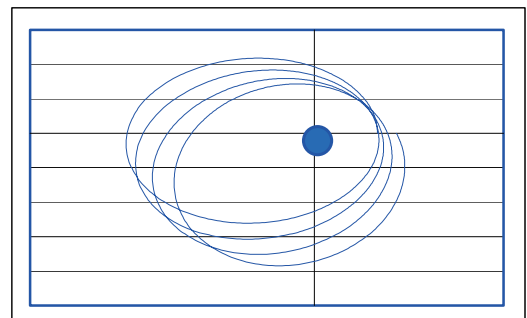


図13 空間の次元数 $d > 3$ の時の近日点移動
～太陽を周回する水星の軌道を模式的に誇張している～

ところで、ここでの議論は、惑星の近日点移動に対して、空間次元数を連続化して考えたので、水星以外の惑星の近日点移動についても当然成り立つ。

しかしながら、この考え方が一般的に有効であるかどうかについては、光線の重力場による湾曲効果や、重力場によるスペクトル線の赤方偏移など、他の一般相対論的效果についても確認をして、様々な検証に耐える必要がある。

4 空間次元と時間次元の動的なモデル

ここまでは、空間次元数のずれについて議論してきたが、これからは、時間次元数もそれに連動してダイナミカルに変化するという大胆なモデルで議論を展開する。そこにおけるモチベーションは、光速不変の原理を満たすために、相対性理論で明らかになっているように、時空間を切り離しては考えられないということが先ず挙げられる。さらに、最近の宇宙観測により、この宇宙は約 138 億年前に始まったということが明らかになった。その宇宙開闢と同時に、時間次元が形成されたと考えることが、ここで議論するモデルを考えるに至った動機である。

このモデルでは、安定な 3 次元空間が形成される際に、必然的に 1 次元の時間次元が伴って発生する。空間次元が $3+\epsilon$ 次元の際に、時間次元は $1-\epsilon^*$ 次元とする。宇宙開闢時には $\epsilon \rightarrow \infty$ であり、その時 $\epsilon^* \rightarrow 1$ となり、時間次元は存在しない。最初の次元変化は激しく、宇宙膨張を通して速やかに $\epsilon \rightarrow 0$ 、 $\epsilon^* \rightarrow 0$ となる。時空 4 次元の誕生である。そのような ϵ と ϵ^* の関係を含む、次のような式をモデルとして考える。

$$\epsilon^* = \frac{2}{1 + e^{\frac{1}{\epsilon}}} \quad (15)$$

ϵ と ϵ^* の関係式について、 ϵ のオーダーを変えて、3 種類のスケールの異なるグラフを示したのが以下のグラフである (図 14, 15, 16)。現在の宇宙が、このグラフでは、原点に限りなく近づいている部分である。空間次元が 3 次元に近づくと、時間次元は急速に 1 次元に近づいていくことがわかる。

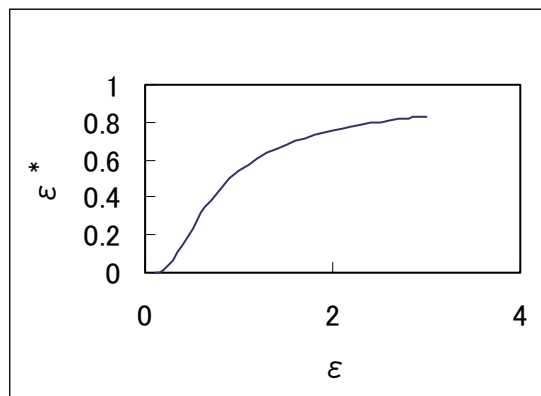


図 14 ϵ と ϵ^* の関係を示すグラフ (その 1)

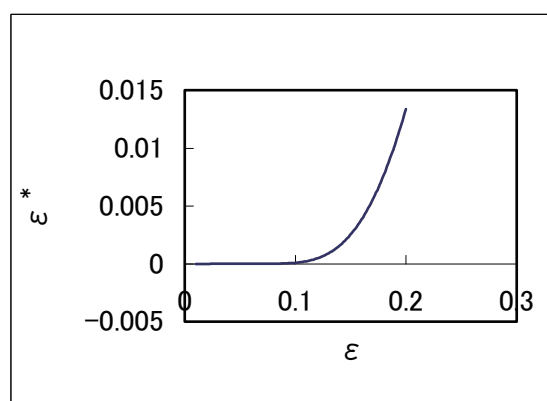


図 15 ϵ と ϵ^* の関係を示すグラフ (その 2)

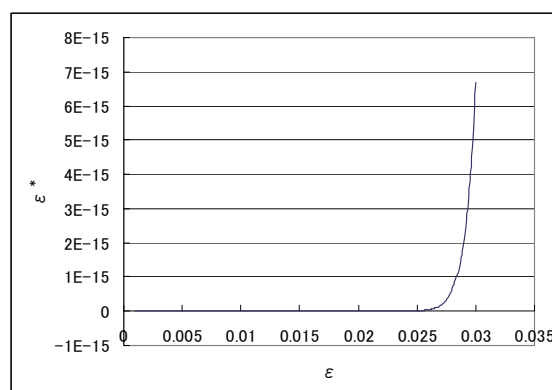


図 16 ϵ と ϵ^* の関係を示すグラフ (その 3)

グラフから明らかなように、 ϵ^* は、 ϵ が 0 に近づく変化に対して、原点近傍における $\epsilon < 0.03$ において急激に 0 に近づくことがわかる。即ち、時間次元は空間次元が 3 次元に近づくと従って、空間次元の変化に対して、指数関数的に急激に 1 次元に近づくということが、このモデルでは理解できる。

太陽系における水星の軌道上では、空間次元の3次元からのずれ ϵ が 10^{-7} オーダーであったが、その際には、時間次元の1次元からのずれ ϵ^* は $10^{-677000}$ オーダーとなることが簡単な計算でわかる。よって、私達が経験する日常空間においては、ほぼ厳密に時間次元は1次元であると考えて問題はない。

次に、 ϵ と ϵ^* の関係式(15)を導く時空次元方程式を発見法的に見いだしたので、次に示す。

$$\epsilon^2 \frac{d\epsilon^*}{d\epsilon} = \frac{\epsilon^*}{2} (2 - \epsilon^*) \quad (16)$$

ところで、私達が日常的に感じる時空間は4次元時空である。そこで、空間次元の $3+\epsilon$ 次元と、時間次元の $1-\epsilon^*$ 次元の和となる時空次元数Dを考える。

$$\begin{aligned} D &= (3+\epsilon) + (1-\epsilon^*) \\ &= 4 + (\epsilon - \epsilon^*) \end{aligned} \quad (17)$$

空間次元数3からのずれ ϵ と時空次元数Dとの関係を次のグラフで示す(図17)。

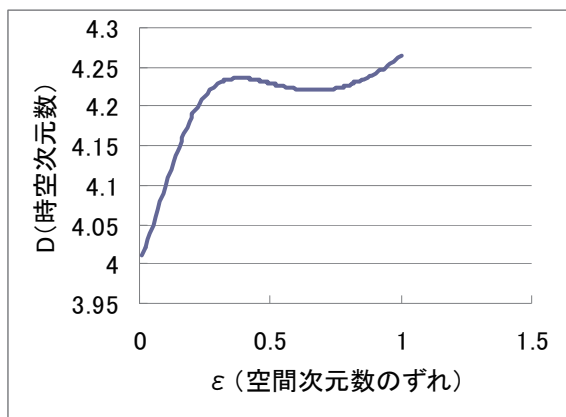


図17 ϵ とDの関係を示すグラフ

時空次元数の和が4次元より高い次元から、時空次元数4に近づいていくことがわかる。想像を逞しくすれば、宇宙開闢時におけるインフレーション、ビッグバンのエネルギーは、空間次元が次元降下する際に放出される、いわば「次元エネルギー」から得ていると

言える。それは、時間次元をつくるエネルギーとしても供給されている。

最近話題になっている宇宙の加速膨張¹⁸⁾¹⁹⁾を促していると考えられているダークエネルギーについても、現在の物理学では未解明である。それについて考える際にも、この「次元エネルギー」は有効である。

質量の起源についても、空間次元の3次元への降下による「次元エネルギー」の解放により質量が生じ、空間次元数 $3+\epsilon$ の ϵ 部分にその質量の起源の本質的な部分が閉じ込められていると考えることができる。

相互作用する場の空間が完全に3次元と見なされる場合には、それを媒介する粒子の質量喪失が起こる。電磁気現象は3次元空間と密接な関係がある。その現象は質量ゼロの光子によって生じており、その光子は光速で走ることになる。

さらに、素粒子、物質の起源に繋がるレプトン数や、バリオン数生成についても、自然に説明ができる可能性がある。最近の宇宙観測によって、全宇宙におけるバリオン数の光子数に対する割合が 6.5×10^{-10} であることが得られている²⁰⁾。この値については、自発的対称性の破れで説明しようとしているが、オーダーが合わず、現在の物理学では説明ができていない。このことについても、本稿で議論した空間次元数のずれ ϵ が、物質生成の本質的な場面で繋がり、その観測されているオーダーが合理的に説明できる可能性がある。

5 おわりに

最近の物理学の進展は、素粒子と宇宙を結びつけ、スケールの大きさが全く異なる両者の形成過程と結びつきについて説明することが可能になってきた。物質の奥深い階層に迫ることは、宇宙のはじまりに限りなく近づくことと同義である。逆に言えば、宇宙膨張を通してこの宇宙が冷えることにより、様々な相転移が起こり、この世を形成している器となる時空間、さらに、物質の構成要素である素粒子とそれらの間を結ぶ相互作用が必然的に現れてきたと言える。

本稿で議論した時空間の次元数が変化する本質的な場面は、宇宙開闢時の超高エネルギー状態や、ブラックホールと言った物質の超高密度状態における極限状態においてである。そこでは、まさに、質量や重力という最も基本的な物理量が創成される場面である。

いずれにせよ、そのような階層のスケールにおいて本質的な議論を展開するには、今まで私達が慣れ親しんでいる整数次元による微分・積分学に対して、時空次元の概念を連続次元にまで拡張した新しい微分・積分学を考える必要がある。そのことによって、現実的な物理量を求める際に、現在の素粒子論で盛んに活用している「繰り込み」による摂動計算を必要とせず、新しい微分・積分学の創造を通してはじめて、本質的な「非摂動計算」が可能になる。その時、本稿で議論した時空概念が現実味を帯びてくるはずである。

【参考文献】

- 1) 吉村高男；時空次元論の構想, 山口県立大津高等学校研究集録, 創刊号, 46-50, 1996
- 2) 吉村高男；空間の次元数と物理法則, 山口県教育財団研究助成報告書, 2000
- 3) 吉村高男；時空次元論序説, 山口福祉文化大学研究紀要, 6, 99-107, 2012
- 4) 吉村高男；金子みすゞの詩と最近の宇宙観, 日本物理学会中国・四国支部学術講演会講演予稿集, 126, 2012
- 5) 吉村高男；時空次元と物理学の構成, 日本物理学会中国・四国支部学術講演会講演予稿集, 148, 2013
- 6) S. W. Hawking , R. Penrose ; The Singularities of Gravitational Collapse and Cosmology, Proc.Roy.Soc., A314, 529, 1970
- 7) F. Englert, R. Brout; Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons, Phys. Rev. Lett. , 13(9), 321, 1964
- 8) P. W. Higgs; Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons, Phys. Rev. Lett. , 13(16), 508, 1964
- 9) M. B. Green, J. H. Schwartz, E. Witten ; Super String Theory, Cambridge University Press, 1987
- 10) E. Witten; String Theory Dynamics in Various Dimensions, Nuclear Physics, B443, 85, 1995
- 11) P. K. Townsend; The Eleven Dimensional Supermembrane Revisited, Phys. Lett. , B350, 184, 1995
- 12) J. M. Maldacena; Black Holes and D-branes, Nuclear Physics Proceedings Supplement, 61A , 111, 1998
- 13) S. M. Kim, J. Nishimura, A. Tuchiya; Expanding (3+1)-Dimensional Universe from a Lorentzian Matrix Model for Superstring Theory in (9+1)-Dimensions , Phys. Rev. Lett. , 108, 011601, 2012
- 14) John von Neumann; Continuous Geometry, Princeton University Press, 1960 (Foreword by Israel Halperin)
- 15) N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos, G. Dvali; The Hierarchy Problem and New Dimensions at a Millimeter , arXiv: hep-ph / 9803315v1, 11 Mar. 1998
- 16) N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos, G. Dvali; New Dimensions at a Millimeter to a Fermi and Superstrings at a TeV, arXiv: hep-ph / 9804398v1, 24 Apr. 1998
- 17) N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos, G. Dvali Phenomenology, Astrophysics and Cosmology of Theories with Sub-Millimeter Dimensions and TeV Scale Quantum Gravity, arXiv: hep-ph / 9807344v1, 12 Jul. 1998
- 18) S. Perlmutter et al.; Measurements of the Cosmological Parameters Ω and Λ from the First 7 Supernovae at $z \geq 0.35$; arXiv: astro-ph / 9608192 v2, 25 Jan. 1997
- 19) S. Perlmutter et al.; Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae, arXiv: astro-ph / 9812133v1, 8 Dec. 1998
- 20) D. N. Spergel et al.; First Year WMAP Observations and Determination of Cosmological Parameters, arXiv: astro-ph / 0302209v3, 17 Jun. 2003

On the Continuous Dimension of Space-Time

Takao YOSHIMURA

Abstract

The laws of physics are directly related to the number of space-time dimensions. For example, the law of universal gravitation is related to three dimensions of space. Theories of physics are usually discussed through integer space-time dimensions. Recently, speculative theories, such as superstring theories predict ten dimensions: higher than four dimensions. M-theory, unifying the superstring theories, predicts eleven dimensions: ten spatial dimensions and one temporal dimension. But the extra dimensions of over four macroscopic space-time dimensions would only appear at the subatomic, super microscopic level. Nevertheless, we cannot begin to describe the start of the universe by using those theories.

We would like to build a new physical theory on continuous dimension. When we propose a theory on continuous dimension we can explain how the universe began; moreover, we can see that classical theories of physics are stable in four space-time dimensions.

Some illustrative applications are discussed by the simulations using gravitational effective potentials and the perihelion advance of mercury on the continuous dimension in this paper.

During the stage of the beginning of the universe with extremely high energy density, we propose a model which has a space dimension of infinity and a time dimension of zero. Then, through inflation and the big bang of the universe, space-time dimensions approach four dimensions. We can see a physical representation of the essence of active space-time dimensions by the model postulated in this paper.