

Hadron superstring theory (3)

The Elementary Particle Pulsation Principle Leads a Hadron Super String Theory.

Atom size, a superstring theory.

- The size of "the string" in the super string theory is 10^{-33} cm now.
- "The string" of the hadron super string theory is an atom, 10^{-8} cm size.

A current super string theory.

It is theory of String and the D brany.

The film is an image of the iron plate. The super string is an image of the magnets.

- As for the theory, an opened string and a closed annular string exist.
- The ring of the string is equivalent to gravity.
- The supersymmetry particle of the boson is fermion.
- The supersymmetry particle of the boson is fermion.
- The boundary condition is equivalent to the panel point of a vibrating string.
- The D brany person vibrates, too. The outbreak of the = elementary particle that a string protrudes from D brany person.
- A super string connects two pieces of D brany people. . . . this is a current superstring theory.
- As for the current superstring theory, the inspection by the experiment is impossible because of super tininess.
- As for the current superstring theory, the inspection by the experiment is impossible because of super tininess.

The hadron string theory failed in the past.

The explanation when two quarks approached it was insufficient, and the past hadron string theory did not comprise the supersymmetry without being able to explain the appearance of the hadron of mass zero and an appearance of the tachyon more than the velocity of light either.

On the other hand, size of "the strings" in the current superstring theory is 10^{-33} cm and Planck size, and the inspection by the experiment is impossible. Furthermore, an equation of the quantum field theory is not just available because I have size not a point particle. A geometry model to express a concept physical than several sets of completeness is insufficient.

The elementary particle pulsation principle leads a hadron super string theory.

The hadron super string theory has a big size of the string with 10^{-8} cm, an atomic nucleus level, and the inspection by the experiment is possible.

I discovered four-dimensional space of K·K theory and discovered unknown dark energy, dark matter there.

I adapt myself to the standard theory (quantum field theory) of the elementary particle and describe a nuclear force, gravity, electromagnetism power integrally.

I explain a hadron of mass zero, and the tachyon more than the velocity of light does not appear. The approach of the quark does not exist.

I comprise the supersymmetry with fermion and the BOSE particle, and energy grand totals of the places corresponding to various power always include supersymmetry becoming zero. The infinity does not occur and does not need "prescription of filing".

One quark changes to three kinds and is shut in in a pulsating wave. There is not the approach of the quark. It is said that three-dimensional space exists three kinds of each and illustrates ten dimensions for $3 \times 3 = 10$.

Three dimensions of elementary particle pulsation pulsates at velocity of light in space.

I stop on a pulsatile top. (a mountain and valley of the wave)

In response to a pulsation trip, the mass of the hadron changes with $(+m \sim 0 \sim -m)$.

The hadron string theory.

- I assume the average energy density of dark energy the horizon and do it.
- I supposed the horizon to be energy zero.
- A place of the dark energy is a general place.
- The energy of the negative wave offsets it plus every pulsation 1 cycle, and it becomes zero. (supersymmetry)
- The energy grand total of a pulsating place becomes zero.
- The physics of the material wave to express by Schrodinger equation explains a nuclear force, gravity, electromagnetism power.
- Film (explain.) that four-dimensional space and the section are equivalent to D brainy person (three-dimensional space)
- I explain gravity as minus number energy space (equivalent to the ring of the super string) of a pulsating wave.
- As for the super string of the atom size, the inspection by the experiment is possible.
- Observation level such as an atom and an electron, a proton, the neutron is provided.
- According to the gravity wave interpretation, a mystery of the double slit experiment is an inspection experiment of the gravity wave.
- I suggest the existence of an existing wave.
- The dark energy and dark matter were discovered in 1998 by space observation.

- I cannot explain the real nature of the dark energy and dark matter by the existing theory including a current superstring theory.
- The elementary particle pulsation principle explained them and foretold existence of the dark energy in 1980.
- I show the temporary construction that I can inspect by physics of the dark energy.
- As for the supersymmetry of the elementary particle pulsation principle, energy is offset every pulsation 1 cycle, and it becomes zero.
- The energy grand total of the place of the darkness energy to pulsate is zero.

- Of the wave pattern which is innumerable in one of the quantum-mechanical characteristics put it on top of one another, and there is a state.
- It is equivalent to the image of a high waves surging rough sea; of the function that is innumerable as for it put it on top of one another, and is equivalent to a state.
- According to the Fourier transform, the wave pattern of every function is equivalent with the sum of infinite unit of a simple sine wave.
- All the sine waves representing the elementary particle pulsation possess the super symmetry that an energy grand total becomes zero by offset with original energy and the minus number energy every 1 cycle of the wave.
- Therefore the sum of sine waves of an infinite number of will zero energy sum.
- An elementary particle pulsation principle is unified field theory to assume dark energy a place and unifies all quanta ground.
- Electronic place, proton ground, nuclear force field, electromagnetic field, gravitational field, ...
- In the current field theory, there is a place peculiar to every each effort in every each elementary particle, and innumerable places are mixed.
- I unify the dark energy pulsation principles by a place of the dark energy and realize unified field theory to express all places at one place."
- There is not the numerical formula, but thinks because I can explain it so well geometrically that it must be ..." truth.

10^{-8} cm size.

10^{-33} cm size.

Hypothesis:

Pulsating waves of dark energy "Super cord" is.

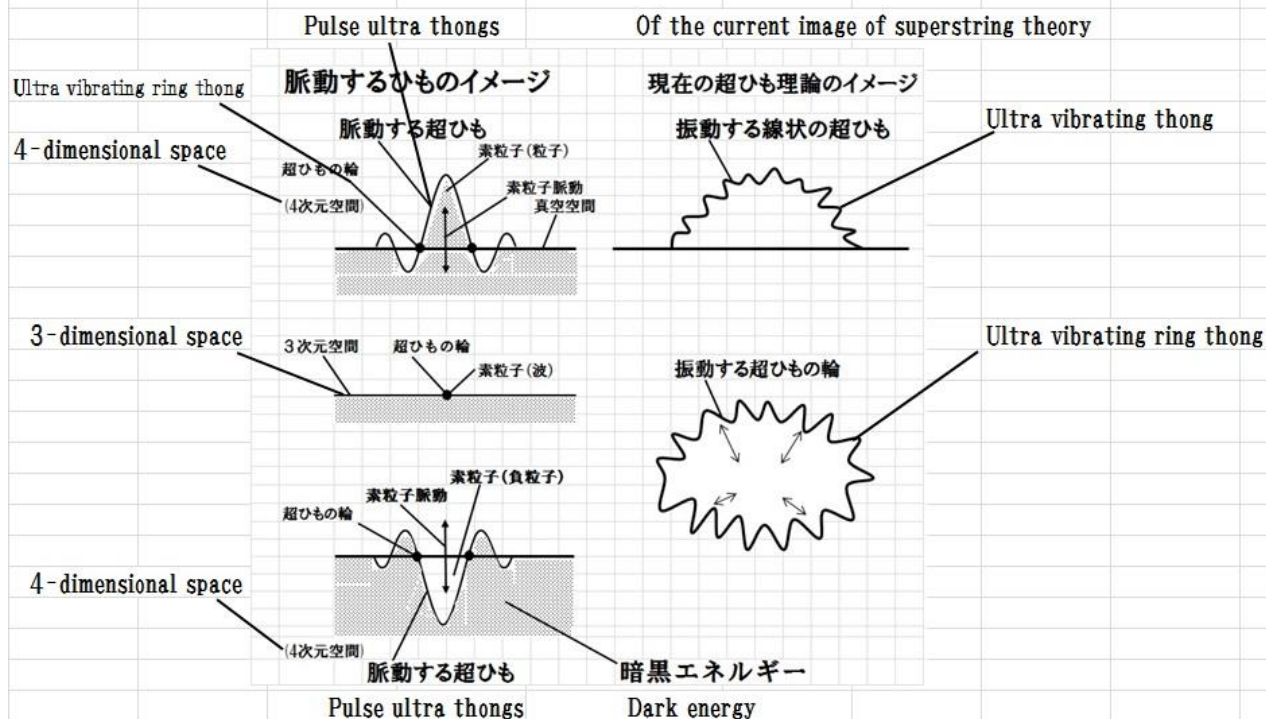


Table of properties

Properties	Particles travel	Wave travel	Negative particles
Energy value	mc^2	0	$(-)mc^2$
Quality	m	0	$(-)m$
Size	Measured values	Point	Measured values
Distortion of the space	Positive strain	No distortion	Negative distortion
Force	No	Electromagnetic force	Gravity · Nuclear force
Dimensions	3-Dimensions	3-Dimensions	3-Dimensions
State	Object	Vacuum	Empty space
The size of the Super string	Particle Measurement	Point	Particle Measurement
Time	For	Stop	For
Spin	Fermions	Bose particles	
Elementary particle physics	Electronic, Proton, Neutron	Photon	Graviton, Meson
Space	4-dimensional space	3-dimensional space	4-dimensional space
The laws of physics	Quantum mechanics	Quantum mechanics	The theory of gravity
Uncertainty	Location	Exercise	Location

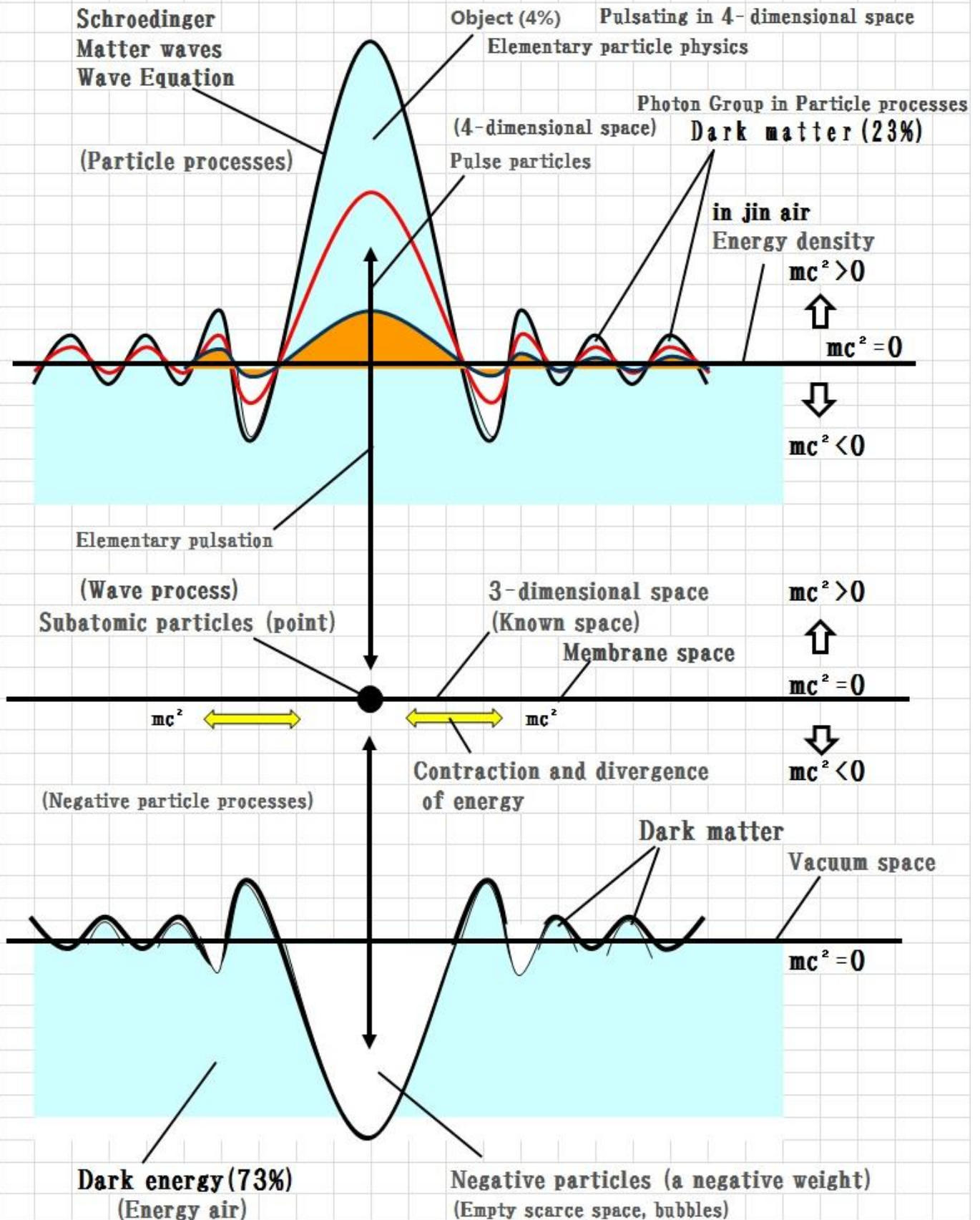
Finding that dark energy and dark matter.

Space is filled on pulse Photon Group.

The 4-dimensional space formed by the Photon Group pulse.

Photon's particle has a mass in four-dimensional space. It is a dark matter.

Configuration of Space	Object (4%)	Dark matter (23%)	Dark energy (73%)
------------------------	-------------	-------------------	-------------------



Dark energy pulsating principle. Image picture.

In 1980, presented at the physical society.

Found the presence of dark energy in 1998, after 18 years, but what's the mystery.

Nature is constantly in flickering at ultra high speeds cannot be observed.

Filled with dark energy space, bring the flickering and pulsating.

Particle size-black hole hypothesis
 Equivalent pulse hypothesis empty dead space and micro black holes.
 Photon micro-black hole is in the graviton.
 Elementary particle physics
 And the pulse of the universe scale constant.

Schrodinger
 Matter waves of the wave equation
 (Particle processes)
 Elementary pulsation
 (4-dimensional space)
 $mc^2 > 0$
 $mc^2 = 0$
 $mc^2 < 0$

(Wave process) Speed of light
 Dark energy
 Energy density
 mc^2
 Namespace aware
 Membrane space
 $mc^2 > 0$
 $mc^2 = 0$
 $mc^2 < 0$
 Convergence and divergence of energy

(Negative particles travel)
 (4-dimensional space)
 Vacuum
 $mc^2 = 0$
 $mc^2 < 0$
 Dark energy
 Micro-black hole
 (Pulsating hypothesis empty scarce space)
 (Black holes in the universe)

4-dimensional space (the invisible world)
 Micro
 White Hall is filled.

3-dimensional space (Visible world)

Movie film (switching piece)

4-dimensional space (the invisible world)
 Micro
 Black hole is filled.

Meet the space light (Photon Group)

Contribution

2010/09/02 hikari368(Honjou Terubumi) 215533 access.

I discovered four-dimensional space.

対消滅 粒子 対発生 消滅 粒子 発生 波

解説記事は下または右上の i マークをクリック。

4次元空間

両者は矢印が異なるのみ。

常に真空から素粒子が対発生し消滅している。

素粒子は消滅と発生を繰り返している。

0:00 / 0:56

アナリティクス 動画の管理

アインシュタインが探し続けた4次元空間を発見

hikari368

チャンネル設定

視聴回数 215,533 回

ハドロン・超弦理論(3)。

素粒子脈動原理による原子サイズの超弦理論。

- 現在の超弦理論における「ひも」のサイズは 10^{-33} cm プランクサイズ。
- ハドロン超弦理論の「ひも」は原子、 10^{-8} cm サイズ。

現在の超弦理論。

- 超ひもだけではなく、D プレーン(膜)。膜は鉄板、ひもは磁石に相当するイメージ。
- 境界条件。超ひもが膜に磁石のようにすべる状態で接続している。接続した状態ですべれる。
- 開いたひもと閉じた輪状のひも。ひもの輪は重力に相当する。
- ボソンの超対称性粒子はフェルミオン、フェルミオンの超対称性粒子はボソン。
- 境界条件は振動するひもの節点に相当する。
- D プレーンも振動している。今は D プレーンからひもが飛び出す=素粒子の発生。
- 2 枚の D プレーンを超ひもが繋いでいる。…これが現在の超ひも理論。
- 現在の超ひも理論は超微細ゆえに、実験による検証は不可能。

すべては、巨大で数学的な妄想体系かもしれない。

「しかし、数学的にはこんなにうまく説明できるのだから……」と考えて研究している。

過去に失敗したハドロン弦理論

- 過去に失敗したハドロン弦理論は、質量ゼロのハドロンの出現や、光速を超えるタキオンの出現を説明できず、2 つのクォークが接近した際の説明も不十分で、超対称性も備えていなかった。
- 一方、現在の超ひも理論における「ひも」のサイズは 10^{-33} cm とプランクサイズであり、実験による検証は不可能である。さらに、点粒子ではなく大きさを持つが故に、場の量子論の方程式をそのまま利用できない。数式の完成度に比べて物理的概念を表す幾何学モデルが不十分である。

素粒子脈動原理によるハドロン超弦理論。

- ハドロン超弦理論は、ひものサイズが 10^{-8} cm、原子核レベルと大きく、実験による検証が可能である。
- カルプラー・クラインの 4 次元空間を発見し、そこに未知の暗黒エネルギー、暗黒物質を発見した。
- 素粒子の標準理論(場の量子論)に適応し、核力・重力・電磁気力を統一的に記述する。
- 質量ゼロのハドロンを説明し、光速を超えるタキオンは出現しない。クォークの接近は存在しない。
- フェルミ粒子とボーズ粒子との超対称性を備え、各種の力に対応した場のエネルギー総和が常にゼロとなる超対称性を備えている。無限大は発生せず、「くりこみの処方」を必要としない。
- 一つのクォークが 3 種類に変化し、脈動している波の中に閉じ込められている。クォークの接近は無い。
- 10 次元を 3 次元空間が各々 3 種類存在するとし、 $3 \times 3 = 10$ として図説する。

- 素粒子脈動は 3 次元空間では光速で脈動し、脈動の頂点(波の山と谷)では停止する。
- 脈動行程に対応して、ハドロン質量が $+m \sim 0 \sim -m$ と変化している。

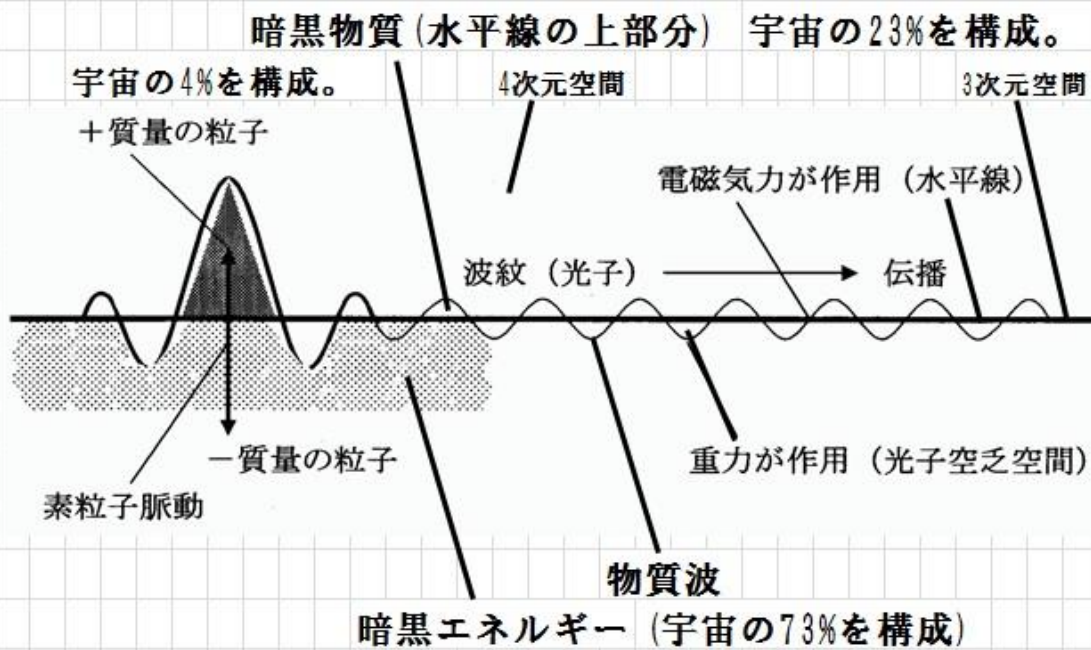
ハドロン超弦理論は。

- 暗黒エネルギーの平均エネルギー濃度を水平線とし、その水平線をエネルギーゼロと仮定した脈動原理エネルギー波形図において、
- 暗黒エネルギーの場を統一場とし、脈動 1 サイクル毎に正・負の波のエネルギーが相殺してゼロになる超対称性によって、脈動する場のエネルギー総和はゼロとなる超対称性をそなえている。
- シュレーディンガー方程式で表わす物質波の物理によって核力・重力・電磁気力を説明し、4 次元空間とその切断面として D ブレーンに相当する膜(3 次元空間)を説明し、脈動する波の負エネルギー空間(超ひもの輪に相当)として重力を説明する。
- 原子サイズの超ひもは実験による検証が可能であり、原子や電子、陽子、中性子などの観測値が得られている。
- 二重スリット実験の謎は重力波解釈によれば、重力波の検証実験であり、実在する波の存在を示唆している。
- 超ひも理論の誕生や 1 次革命等の後、1998 年に宇宙観測によって発見された暗黒エネルギーや暗黒物質の正体を現在の超ひも理論も含めて既存理論では説明できない。
- 素粒子脈動原理はそれらを説明し、暗黒エネルギーの存在を 1980 年に予言し、それを理論の基礎として暗黒エネルギーの物理によって、検証可能な仮説を提示している。
- 素粒子脈動原理の超対称性は粒子と負粒子。脈動 1 サイクル毎にエネルギーが相殺。
- 脈動する暗黒エネルギーの場のエネルギー総和はゼロ。
- 量子力学の特徴の一つに無数の波形の重ね合わせ状態がある。それは波濤さかまく荒海のイメージに相当し、それは無数の関数の重ね合わせ状態に相当する。
- フーリエ変換によれば、あらゆる関数の波形は、単純な正弦波の無限個の和と等価である。
素粒子脈動を表わす正弦波は全て、波の 1 サイクル毎に正エネルギーと負エネルギーとの相殺により、エネルギー総和がゼロとなる超対称性を具備している。
従って、無限個の正弦波の和も、エネルギー総和はゼロとなる。
- 素粒子脈動原理は暗黒エネルギーを場とする統一場理論であり、全ての量子場を統一する。
電子場、陽子場、核力場、電磁場、重力場……。
現在の場の理論においては、各々の素粒子毎に、各々の作用力毎に固有の場が存在し、無数の場が混在している。暗黒エネルギー脈動原理は、暗黒エネルギーの場によって統一し、全ての場を一つの場で表す統一場理論を実現する。
- 「数式は無いが、幾何学的にはこんなにうまく説明できるのだから……」真理に違いないと考えている。

ハドロン超弦理論モデル。

(波形は原子サイズ。)

暗黒エネルギーの波紋(物質波)と重力・電磁気力の図説。



宇宙空間に充満する光(光子群)が空間を歪めて重力を発生。

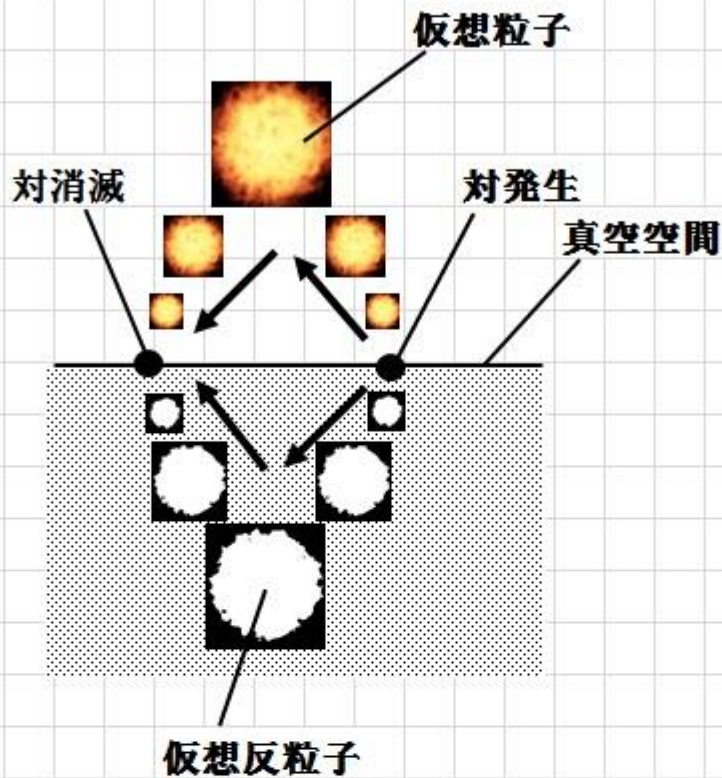
宇宙の真空空間全域が物質波の山成分にて形成される暗黒物質に満たされ、その暗黒物質が空間を歪めて重力を発生させている。

仮説「暗黒エネルギー脈動原理」による素粒子脈動のイメージ図。

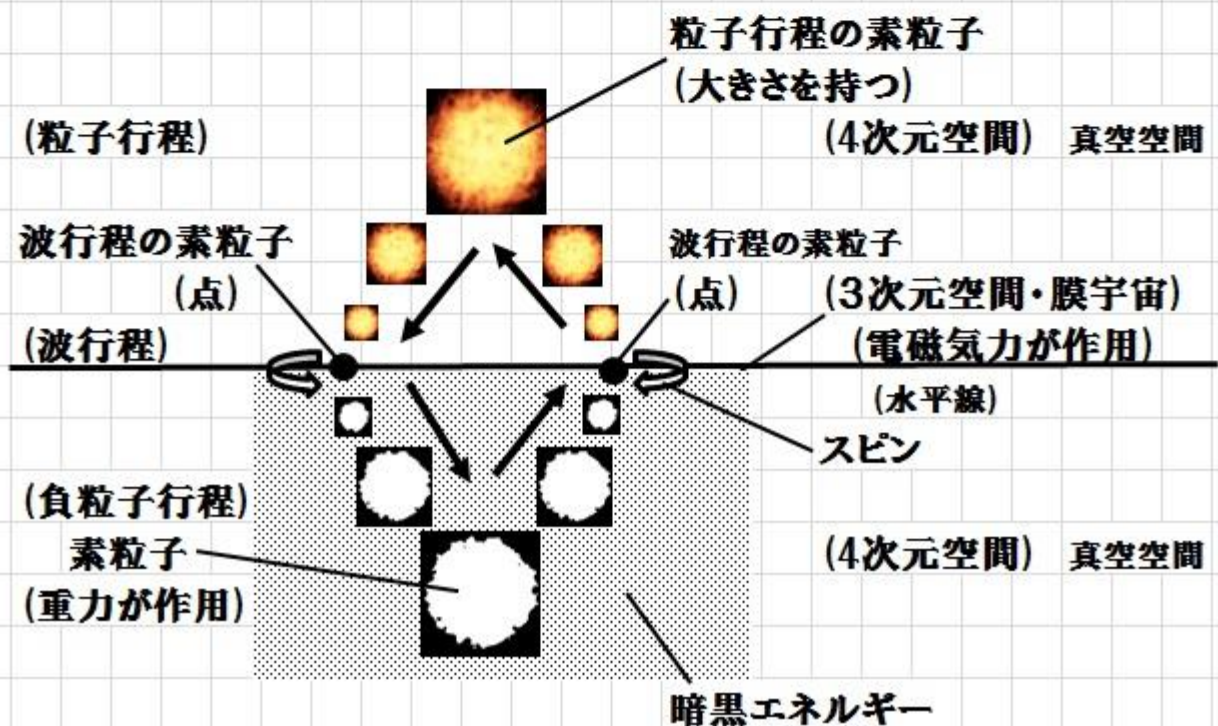
(図Aと図Bとは行程の矢印のみが異なる。)

図A) 場の量子論による真空の概念。(現在の物理)

真空空間から、仮想の粒子と反粒子が対発生・対消滅している。



図B) 素粒子脈動のイメージ図。



4次元空間

解説記事は下または右上の i マークをクリック。

両者は矢印が異なるのみ。

常に真空から素粒子が対発生し消滅している。

素粒子は消滅と発生を繰り返している。

0:00 / 0:56

アナリティクス 動画の管理

アインシュタインが探し続けた4次元空間を発見

hikari368

チャンネル設定

視聴回数 215,533 回

Hikari368 (本荘光史)

2010/09/02 にアップロード

統一理論を実現する鍵として、晩年のアインシュタインが4次元空間を探し続けたが、はたせなかった。素粒子脈動原理がその4次元空間を発見した。素粒子はその4次元空間で脈動している。

[1]アインシュタインが探し続けた4次元空間

20代に一般相対性理論(重力理論)を生んだアインシュタインは、その後の生涯を自然界の全ての作用力を統一する統一場理論の研究にささげたが未完成のまま生涯を終えた。常にその研究のカギとなったテーマは、我々が認識できず、あらゆる実験にも現れない4次元空間の存在を見つけ出すことであった。数学者カルツァーとクラインとが数式で示した4次元空間を理論に組み込めば重力と電磁気力をつににした統一場理論が実現することが判っていたが、我々が認識している3次元空間(縦・横・高さの立体空間)の中に深さとも言える認識できない空間があることを見つけ出すことが出来なかった。

[2]素粒子脈動原理がその4次元空間を発見。

現代理論物理学の最先端理論である超ひも理論は数式としてはほぼ完成しているが、その数式は4次元をはるかに超えた10次元でしか成り立たない。超ひも理論でもカルツァー・クラインの見えない世界の概念を用いている。現在の超ひも理論の幾何学的モデルはその余分な6次元が、我々が認識している3次元空間の中の、認識できない超微細な空間の中に「ひも」として存在すると説明している。しかし、この説明は物理的コンセプトがまだ曖昧だと指摘されている。

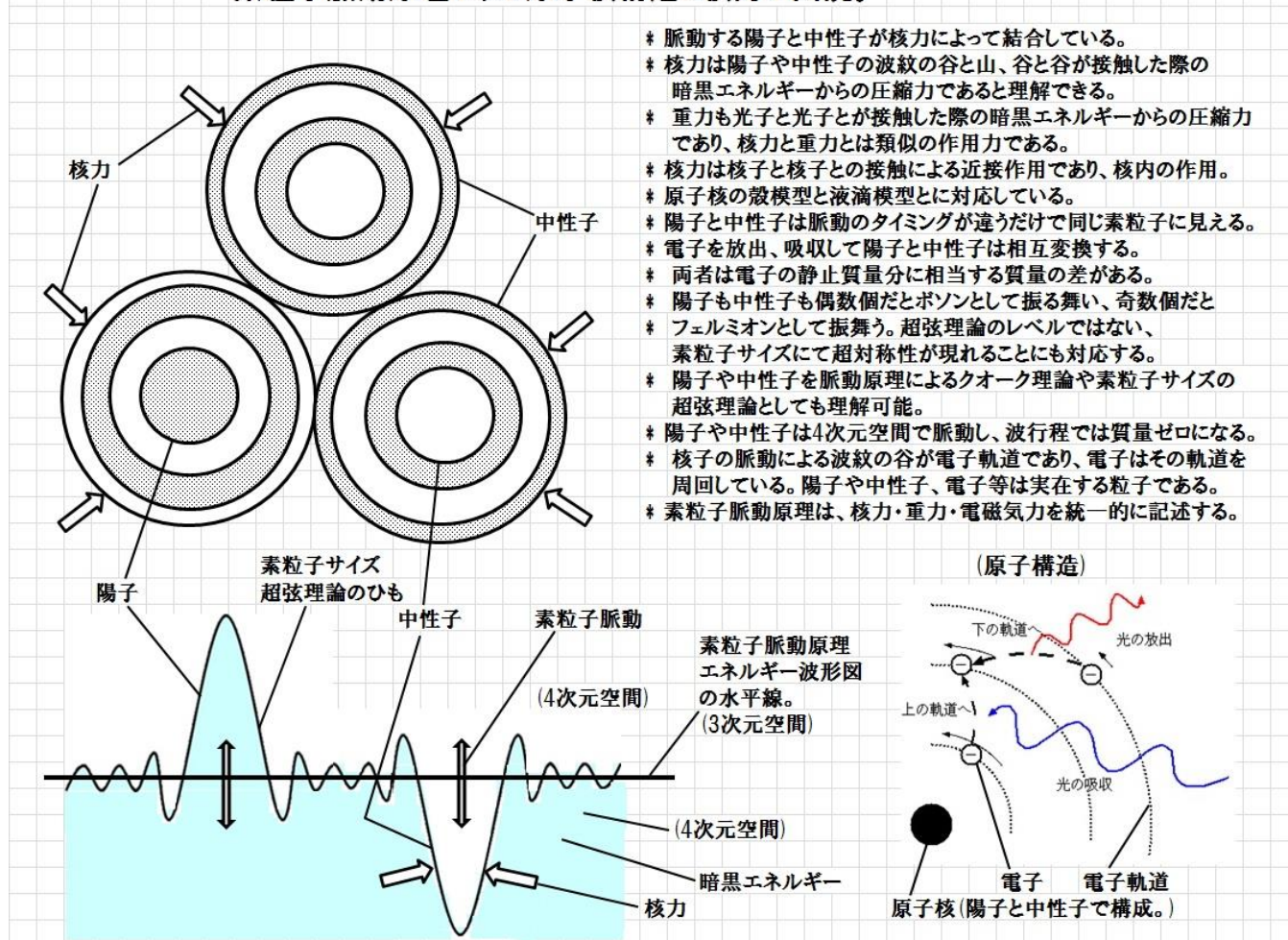
さらに、波打つひも(振るえるひも)の幾何学的モデルからは物理的諸概念との一致がほとんどなにも生まれてこない。そこで素粒子脈動原理の出番となる。脈動原理が示す幾何学的モデルは図に示すごとく、超ひもが水平線をはさんで+1、0、-1 と脈動し、量子力学のあらゆる物理概念との相関が得られ、統一場理論を実現し、数学史上最大の難問「リーマン予想の証明」をも導いた。さらに、水平線はエネルギー大気やエーテル概念を現し、脈動する光子は「エーテルの結び目」概念やペンローズのスピネットワーク、ツイスター概念とも等価であり、ウイッテンが導

いた、量子重力理論～トポロジカルな場の理論の積分～カウフマンの状態和～ジョーンズ多項式との連鎖まで繋がっている。この超ひもを脈動する物質波として現した幾何学的モデルでは、素粒子(全ての物体)が物体の大きさ(存在の度合い)を刻々と変化させているものである。これは我々が認識できる(イメージを描画できる)3次元空間(縦・横・高さ)と、さらに空間の深さとも言える4次元空間が存在することを現している。この空間の深さとも言える脈動原理が示す幾何学的モデルこそ、アインシュタインが探し続けた4次元空間に他ならない。アインシュタインがひらめいていたもの、直感していた概念が正しかったこととなる。

ある次元の物体の切断面は一つ下の次元の物体として現される。3次元の立体の切断面は2次元の面であり、面の切断面は1次元の線、線の切断面は0次元の点である。従って、4次元の物体の切断面は3次元の立体とならずである。我々が認識している3次元空間を横切る(切断面)4次元空間の物体が球体ならば、球体が膨張と収縮(脈動)を繰り返しているように見えるはずであり、負エネルギー領域になるときは球体が縮小して点となり、消えてゆく。正エネルギー領域になるときは真空から点として現れ、次第に球体が大きくなる。素粒子脈動原理はエネルギーの塊(球体)が膨張と収縮(脈動)を繰り返し、明滅しているモデルであり、観測できない4次元空間の脈動を現している。

[現在の理論物理学における真空の概念は脈動原理モデルとほぼ同じ] (両者のちがいは進行の矢印)

素粒子脈動原理による原子核構造と核力の図説。

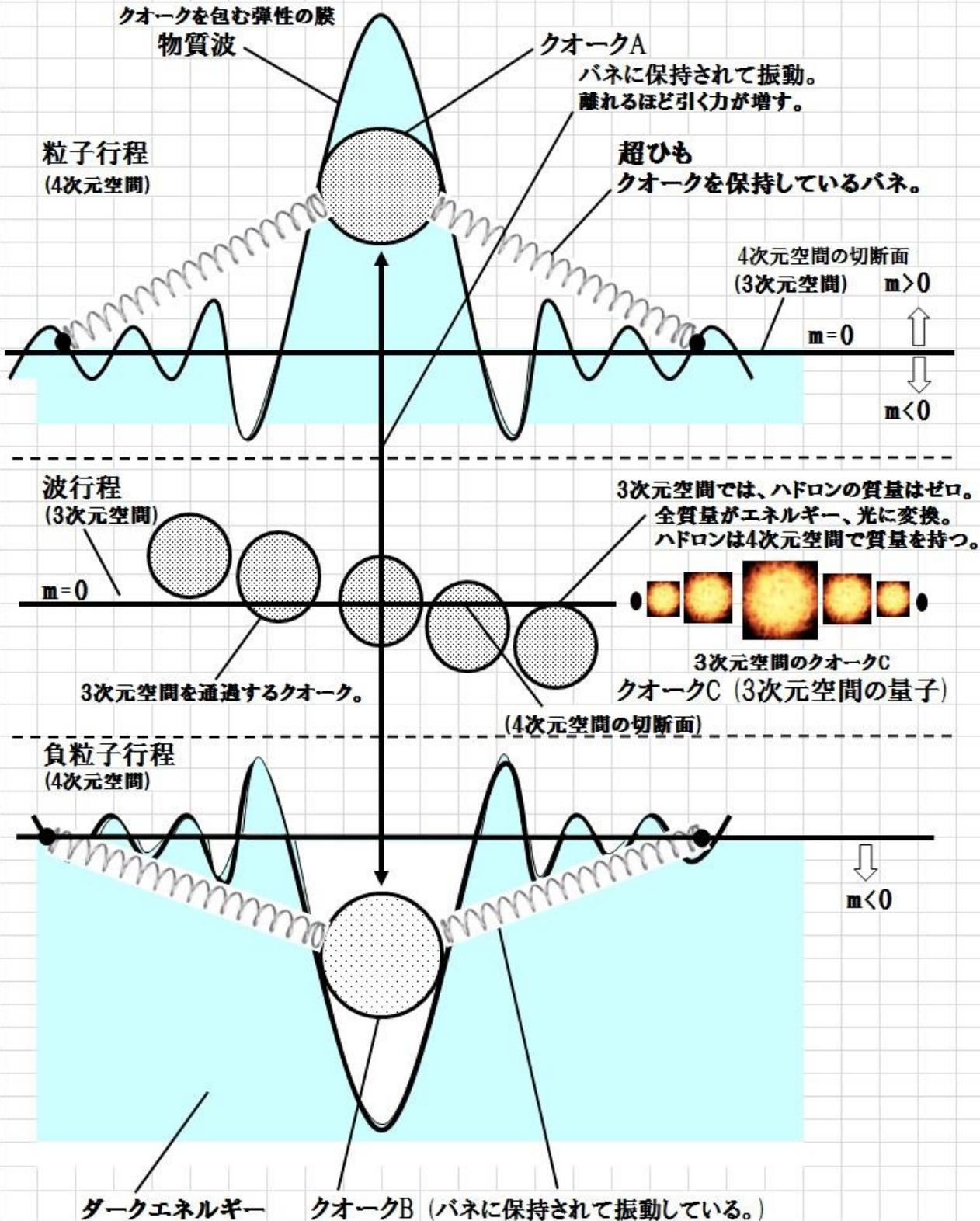


- * 脈動する陽子と中性子が核力によって結合している。
- * 核力は陽子や中性子の波紋の谷と山、谷と谷が接触した際の暗黒エネルギーからの圧縮力であると理解できる。
- * 重力も光子と光子とが接触した際の暗黒エネルギーからの圧縮力であり、核力と重力とは類似の作用力である。
- * 核力は核子と核子との接触による近接作用であり、核内の作用。
- * 原子核の殻模型と液滴模型とに対応している。
- * 陽子と中性子は脈動のタイミングが違うだけで同じ素粒子に見える。
- * 電子を放出、吸収して陽子と中性子は相互変換する。
- * 両者は電子の静止質量分に相当する質量の差がある。
- * 陽子も中性子も偶数個だとボソンとして振る舞い、奇数個だとフェルミオンとして振る舞う。超弦理論のレベルではない、素粒子サイズにて超対称性が現れることにも対応する。
- * 陽子や中性子を脈動原理によるクォーク理論や素粒子サイズの超弦理論としても理解可能。
- * 陽子や中性子は4次元空間で脈動し、波行程では質量ゼロになる。
- * 核子の脈動による波紋の谷が電子軌道であり、電子はその軌道を周回している。陽子や中性子、電子等は実在する粒子である。
- * 素粒子脈動原理は、核力・重力・電磁気力を統一的に記述する。

素粒子脈動原理が導く、超ひも・クォーク理論。(イメージ図)

(素粒子サイズのひも理論。)

- * 初期ひも理論の欠点。質量ゼロのハドロンやクォークの接近等の矛盾を解消する。
- * クォークAとクォークBは同じものが振動している。 両者は別々の存在ではない。
- * クォークを保持して振動させている弾性体は暗黒エネルギーの波、物質波である。
- * 4次元空間で振動している一つのクォークが粒子行程、波行程、負粒子行程にて姿を変えて、クォークA、クォークB、クォークC(3次元空間)に変わる。
- * 波行程(3次元空間、膜宇宙)にて、ハドロンの質量はゼロ。全質量が光になっている。



ハドロン超弦理論モデル。

(波形は原子サイズ。)

暗黒エネルギー脈動原理のイメージ図。

1980年、物理学会で発表した理論物理の仮説。 18年後の1998年に暗黒エネルギーの存在が発見されたが、その正体は謎。自然は観測できない超高速で明滅を繰り返している。暗黒エネルギーが宇宙空間に満ち、その脈動が明滅をもたらす。

暗黒エネルギー脈動原理
脈動原理が解明する量子力学の幾何学

4次元空間 (見えない世界) ミクロのホワイトホールが充滿。

3次元空間 (見えている世界)

映画フィルム (コマの切り替え)

4次元空間 (見えない世界) ミクロのブラックホールが充滿。

宇宙空間を満たす光 (光子群)

出典 1。「超ひも理論とはなにか」竹内 著 内記事。

- ひも理論の始まり。1960 年代。
- ハドロンとはクォークからできたもの。75P 素粒子の構成要素。
- 素粒子脈動エネルギー波形図はハドロン・サイズの大きなひもの物理である。
- 現在の超ひも理論における「ひも」のサイズははるかに微細なプランク・サイズであり、大きさのない点に相当する。観測不能なサイズにコンパクト化されたもので、観測不可能と仮定されている。
- 一方、素粒子脈動モデルは観測可能なサイズの超ひも理論である。電子や陽子、中性子等はそのサイズが観測されており、実測値として知られている。
- 脈動原理においては、もっと大きな原子や分子、万物が超対称性を具備しつつ観測不可能な超高速にて脈動しているモデルである。超ひも理論の物理をプランク・サイズ～素粒子サイズ～宇宙までの万物を表わす幾何学である。

出典 2。「面白くて眠れなくなる素粒子」竹内 薫 著

- 素粒子はブラックホールと同じ。大きさが違うだけ。
- 超ひも理論では、素粒子は基本的にブラックホールであるとする論文が多数ある。
- 素粒子の基本的特性は重さ、回転、電荷の三つだけ。…三つが同じなら区別できない。
- ブラックホールの基本的特性も重さ、回転、電荷の三つだけ。
- ブラックホールは時空に空いた穴。
- 超ひも理論では、素粒子は時空に空いた穴である。
- 現状の素粒子論では、その穴、素粒子は大きさの無い点とされている。

- 天体力学でも、地球等の天体の重力が中心にあるとしい計算している。点としい計算しても精密な計算結果と一致する。
- 陽子はクォークが三つくっついている。グルーオンがバネと同じ性質「つよい力」を持っている。
- 点粒子が故に無限大が発生する。素粒子には広がりを持った理論が必要。
- 次元とは方向と広がり。
- 原子の広がり、「確率の雲」の大きさは 10 のマイナス 8 乗 cm
- 超ひもの広がり は 10 のマイナス 33 乗 cm。
- 物質をつくっている電子やクォークは回転が 1/2、力を伝える光子やウイークボソンは回転が 1。
- 超ひもの端が磁石で鉄板にくっついてすべっているイメージが膜「D ブレーン」。境界条件。
- D ブレーンは振動する。

弦理論。 (概要)・・・出典: Wikipedia。

1970 年に南部陽一郎、レオナルド・サスキンド、ホルガー・ベック・ニールセン (Holger Bech Nielsen) ^[1] が独立に発表したハドロンに関する理論によって登場したものの、量子色力学にその座を譲った。しかし、1984 年にマイケル・グリーンとジョン・シュワルツ (John Henry Schwarz) が発表した超対称性及び、カルツァ=クライン理論を取り入れた超弦理論 (superstring theory) によって、再び表舞台に現れた。4 つの基本相互作用を統一する試みとして注目されている。

最近では、超弦理論や M 理論を含む広い意味で「弦理論 (string theory)」と呼ぶことも多い^[2]が、ここでは超対称性を持たないボゾン弦 (bosonic string) について記述する。

[歴史]

くりこみ理論。

ニュートン以来の質点の概念をそのまま用いて場の量子論を取り扱う場合、しばしば無限大の発散による困難を伴う。この問題に対して、朝永-シュウィンガー-ファインマンらがそれぞれ独立に、くりこみ理論によってこの発散を防ぐ技法を創出し、点粒子のままでの電磁力場の量子論的計算を可能にした。これ以後も弱い相互作用、強い相互作用にくりこみ理論を適用する数学的技法が見い出され、点粒子による表現はその後も継続されることとなった。

レグジュ理論。

1958 年、イタリアの若い理論家のトゥーリオ・レグジュは、ハドロンの散乱実験において、共鳴状態の静止質量の 2 乗とスピン角運動量との間に直線関係があることを見出した(直線レグジュ軌道)。そして、量子力学における束縛状態はこの角運動量のレグジュ軌道によって分類できることを発見した。

ハドロンの弦理論。

南部、サスキンド、ニールセンによって独立に発表されたハドロンの弦理論は、核力を表現したオイラー形式のモデルを振動する一次元の弦とする物理的解釈を提示した。この理論では、長さ 10^{-15}m オーダーの一次元の弦が回転、振動しており、モード、エネルギーの異なる弦の運動が、それぞれ異なるハドロン粒子として観察される。南部はブルーボックスにおいて、一般にもわかりやすい説明を行っている^[3]。それによると、1964年にゲルマンとツワイクによって提唱されたクォークは、点としての粒子ではなく、弦(ひも)の端部に相当するとみなす。ハドロンは3個(バリオン)または2個(メソン)のクォークから構成されていると考えられているが、ハドロンから単体のクォークを分離する事はできない(クォークの閉じ込め)。弦理論によってこれを定性的に説明可能である。仮に弦(ひも)を切断する事ができたにせよ、「弦(ひも)の先端」を単独で取り出す事は不可能であり、切断された弦(ひも)にはいつまでも端部が存在する。

1974年、ジョン・シュワルツおよび Joel Scherk (en)、そして独立に米谷民明は、弦振動のボース粒子の様な振る舞いを研究し、それらの性質が厳密に重力(仮説上の重力の"メッセンジャー"粒子である重力子)の性質と合致することを発見した。

弦理論の衰退。

しかし、ハドロンの弦理論は様々な欠陥を含んでいた。この弦に基づく強い力の記述は、実験結果と直接矛盾する多くの予測を算出した。まず、弦の運動が安定して維持可能な時空は26次元に限られていた。また、弦のスピンは整数であり、ハドロンの理論にもかかわらずボース粒子的な性質を有していた。この他に閉じた弦の振動の種類には重力子や、理論の不安定性を表すタキオンの存在が要請された。

これらの欠陥が判明し出した頃に、ゲージ場の粒子であるグルーオンによって力が媒介されるとする量子色力学の発展が1974年に始まり、強い相互作用の特性を正確に記述できることがわかってきた。南部はクォークの閉じ込めについて、弦をいくら切断しても端部を取り出せず、新たな端を形成するだけとイメージした。これに対して、量子色力学においては、二つのクォークが引き離されると、単純にそれ以上引き離すよりも、その間の真空から新たにクォークと反クォークの対を生成し、新たな2個のクォークにより構成される粒子になる方が、必要なエネルギーが低いと考える。

このため、ほとんどの研究者が弦理論から撤退していった。当時の状況に関して南部は「結局は、紐理論、いわゆるハドロンの紐模型はだめだということが結論されたのは1974年ごろだと思っているのです。現在ではハドロンの弦理論は、クォーク間のゲージ場の力線を半定量的に表現した現象論的模型と考えられている。

超弦理論へ。

ハドロンの弦理論が失敗に終わった後も、ごく一部の研究者は重力を含んだ系を記述できる弦理論に魅力を感じ、研究を継続していた。1970年代前半、ジョン・シュワルツとアンドレ・ヌボー(en)は、整数スピンのボソンの弦に半整数スピンのフェルミ粒子の性質をつけ加えた、超対称性の弦理論を作った。しかし同時期にゲージ理論による大統一の研究が盛んになっており、弦理論は忘れられた存在となった。

この間にもジョン・シュワルツとマイケル・グリーンは粘り強く研究を継続し、1984年には相対論と整合性があり、量子化された超対称性などをとりいれて超弦理論を打ち立てた。彼らは弦の長さを 10^{-35}m オーダーの微小なものとし、弦の運動する時空を 10 次元とした。また、特殊な内部対称性を用いることで、数学的矛盾の無い物質の最小単位の理論とすることに成功した。

尚、1995年、エドワード・ウィッテンにより提唱された M 理論では、5つの超弦理論が 11次元の一つの理論に統合されている。

登場する粒子。

場の量子論では、クォーク・レプトン・ゲージ場といった多くの種類の量子場が存在する事を前提としている。弦理論の描像では対照的に、全ての物理的実体は、ただ一種類の弦の様々な状態に対応する。

弦は自然長ゼロ、自然長の状態での質量もゼロ(だが特殊相対性理論から、弦が振動エネルギーを持つ

時には $E=mc^2$ の関係式で質量を持つ)で、張力 $T_0 = \frac{1}{2\pi\alpha'\hbar c}$ のみを手で与える。張力はたとえ変えても系全体が相似に拡大縮小されるだけなので、内部で起こる物理には影響を及ぼさない。 α' はレゾエの傾きパラメータと呼ばれ、歴史的な理由から張力そのままではなくこのパラメータが用いられる。あるいは、

長さの次元を持ったパラメータ $l_s = \hbar c\sqrt{\alpha'}$ を代わりに用いる事がある。ハドロンの弦理論では核子の大きさ程度、量子重力理論としての弦理論ではプランク長程度に取られる事が一般的である。作用(=弦の持つエネルギー)は、空間に時間を加えた二次元面の表面積に比例し、南部 = 後藤作用と呼ばれる。あるいは同値であるが経路積分での扱いが容易なポリヤコフ作用が用いられる事もある。

観測される粒子は、ごく短い弦が振動しながら飛び回る状態として記述される。以下最も簡単な例として、26次元時空の平坦な時空について、閉じた弦と開いた弦の振る舞いを見る。

まず開いた弦について、最も低いエネルギーの状態は振動せず飛ぶ弦である。次の状態として、ある一つの方向に自由端定在波一倍振動をする弦がある。量子的な弦なので振幅は量子化され、1量子分のエネルギーを持った状態が第一励起状態となる。さらに、量子効果として振動の零点エネルギーへの寄与がある。相対論的な弦の場合、この量子効果はマイナスに働き、最低エネルギーの開弦は負の質量二乗(虚数質量)を持つスカラー粒子、開弦タキオンとなる。一方、第一励起状態の弦は質量ゼロとなり、横波 24成分を持つゲージ粒子となる。

閉じた弦は定在波だけでなく進行波を許すので、物理的自由度は二倍となる。ただし、弦が内部構造を持たない実体であるという制限から、状態の数は減る。その結果、基底状態は閉弦タキオン、第一励起状態は 24^2 の成分を持ったゼロ質量テンソル粒子で、うち対称な成分が重力子、トレース成分がディラトン、反対称な成分が 2-形式ゲージ粒子となる。2-形式ゲージ粒子は、粒子が持つ電荷と結合するゲージ粒子の拡張で、弦が持つストリングチャージと結合する。

これらより重い状態は、 l_s をプランク長程度とすると最低でも $1/\sqrt{\alpha'}$ = プランク質量の質量を持つため、とりあえず無視される場合が多い。

背景時空と真空状態。

弦は空間的広がりを持つため、空間の形によって運動の形態が変わりやすいという特徴がある。たとえばカルツァ＝クライン理論のような空間座標の巻き込みコンパクト化を、特に小半径の場合で考えると、粒子の場合は波長が短くなる事によってそちら側への励起が単純に起こりづらくなるが、弦の場合は「巻き付き」という、半径が小さいほど励起しやすいモードが存在する。結果的に、半径が R の時と $1/R$ の時の物理的自由度の数が等しくなる (T 双対性)

これに加え、重力子の見かけ上の運動方程式はほぼアインシュタイン方程式になり、一般相対性理論が与える重力場の解が弦理論の古典解となる。

特に重要なのはブラックブレンと呼ばれる「質量を持った膜」の解である。一般相対論とは独立に、弦理論から T 双対性を用いて、通常の空間方向を体積 0 の空間と対応させる事によって得られる D ブレン は、ブラックブレンの弦理論による説明であるとされる。弦理論からの解釈によれば、D ブレンは開弦の端点が「繋がる」事ができ、開弦の運動がその空間に制限される。N 枚の D ブレンが重なっていた場合、開弦から得られるゲージ場はどのブレンに端点を持つかによって N^2 の種類を持ち、 $U(N)$ の非可換ゲージ理論を再現する。T 双対性との兼ね合いから、全く自由に見える開弦も、全空間を満たす $D25$ ブレンに繋がる事を要請される。

ディラトン場は結合定数の強さを与える。

弦理論は場の種類はおろか、調節可能なパラメータすらない「唯一の理論」である。しかしこれら空間のコンパクト化やブレンの配位などを用いて、一つの理論に対して無数ともいえる「真空状態」が導かれ、弦はそれぞれの真空で異なった振る舞いをする。ただし後述するが、ボソン弦理論では全ての D ブレンは安定した存在ではない。ブレン配位が威力を発揮するのは超弦理論においてである。どのような理論が得られるか、特に我々の 4 次元時空に相当するものが得られるのか、については、弦理論の主要な関心事である。

弦の場の理論。

現在の定式化では、南部＝後藤作用もしくはポリヤコフ作用から出発し、弦の単一過程の確率振幅を求める事が出来る。場の量子論とのアナロジーで言えば、これはファインマンダイアグラムの一つ分に相当する。全ての過程のダイアグラムを足し合わせる事によって振幅を求める事は可能とされるが、これは理論が摂動論で定義されたに過ぎない。場の量子論では場というもので作用を書き下し、それを摂動展開する事によってファインマンルールを得るが、弦理論でのこれに相当する定式化、弦の場の理論はミチオ・カクと吉川圭二による提唱以来、様々な研究が重ねられてきたが、未完成である。

例えば D ブレンは、非摂動論的な対象の一つである。D ブレンは開弦から出来ており、ボソン弦理論の全ての D ブレンは開弦由来のタキオンを含む。タキオンの存在は場の理論においては、その状態が不安定である事を意味し、結論としてボソン弦理論の全ての D ブレンは崩壊する。崩壊後の状態は、D ブレンがないため開弦が存在できず、もはや弦での記述が不可能となる。弦の場の理論はこのような状態

の記述が出来ると期待され、実際に数値計算でならばポテンシャルが求められている。極めて小さいエネルギーで安定状態が存在するとされる(タキオン凝縮, en)。

閉弦タキオンに関してはこのような物理的解釈すら出来ない。これをもってボソン弦理論は不完全であり、弦の完全な定式化のためには超対称性が必要不可欠であるとする立場がある一方、弦の場の理論の研究はなおも続けられている。