

商品名 トンネルフォトン水

原料 株) アクアサイエンス研究所製造海洋深層水 Gmo 調合液 1 0 0 %

分類 清涼飲料水 (使用方法は微量添加水 1 0 0 0 倍希釈としてご利用ください)

製造元 沖縄県国頭村字奥間 1948 アクアサイエンス研究所

賞味期限 ボトルキャップまたはラベルに表示

注) 開封後はお早めにご使用されるか、密封容器に小分けして冷蔵庫での保管をお勧めいたします

製品説明

通常千倍に希釈してご利用ください。原液利用でも生命体に悪影響を及ぼさないレベルに調整されており成分は真水そのものです。この商品は真水に近い濃度に調整されており通常の真水と異なるのは生命体に必須ミネラルがバランスよく存在し、活性化させるトンネル光子 (フォトン) を多く含んでおりその光子エネルギーで生命体維持作用物質が自然のあるべき姿に活性化する作用形態となります。フォトン光子は波長がガンマ線レベルとされ正常な生命体は通常透過しますが、生命サイクル (正常周波数) に乱れを生じたサイクル特に ATP 回路の代謝バランスを正常サイクルに量子的に作用するという原理ではないかとこれまでの研究例 (当研究所ホームページ <http://syuzou.awk.jp/> の海洋深層水例 PDF) で確認されております。フォトン光子は崩壊しないので永久に放出されます。しかし生命体の水分サイクルは数時間から数日で入れ替わるので毎日の摂取を千倍希釈に薄めた水分など 1 日必須摂取量 (1 c c 程度) を定期的に利用になられますようお奨めいたします。その他毎日の食事調理時に添加ご利用、お風呂に添加、化粧水と併用するなどあらゆるシーンにご利用いただけます。

提供元 周超音波研究所・周鮮魚

住所 沖縄県南城市玉城字堀川 5 5 5

Tel・Fax 098-949-7807

使用方法例

通常脱塩素除去された水道水で 1 0 0 0 倍希釈されて飲料水としてご利用ください。洗顔後やお風呂あがり時のお肌の潤い用として原液を霧吹きなどを利用して噴霧してください。

その他の使用方法

- 1 塩素除去した水道水 1 リットルに 1 ミリリットル (1 c c) 添加されて飲料用としてお使い下さい。
- 2 ご飯を炊くとき、1 合炊きに対して 0.2 ミリリットル (スプレーボトル 1 吹き) 添加されて調理してください。艶のあるしっかりしたご飯が炊きあがります。出し巻き卵に混ぜるとフライパンへの焦げ付き抑制効果を認めます、その他麺類をゆで上げる場合にも効果があります。劣化を抑える効果があり調理時に利用した場合品質劣化を抑制します。特にスパゲティー等のゆで上げで吹きこぼれ激減し熱浸透効果により深部に十分な熱の伝達が見込まれ、芯のしっかりした麺が出来上がり、ゆで

たての風味テクスチャーを長時間維持する効果が認められております。(調理に利用した場合、素材そのものの有している風味と品質維持延長が見込まれます)

3 荒れたお肌のケアは直接噴霧してください

お肌の健康維持の場合は千倍希釈でご利用ください、または化粧水に微量添加し化粧水効果を認め製品化されたものが多々あります

4 疲労や倦怠感のある方や冷え性の方は入浴時にお風呂100リットルに10000倍希釈程度分量(10cc程度)お入れになられてご利用いただくと、保温効果の持続延長効果やリラクゼーション効果が認められております。(この場合お湯の温度は40℃以下を推奨し最も効果を発揮するのが36℃から37℃との報告がございます)

5 お薬と併用した場合、お薬分量を減らして同一効果を発揮する治験が得られております。

6 コーヒーや味噌汁等に微量添加して風味が上がります。

7 お醤油に入れると保存期間の延長が見込まれます。泡盛の熟成促進効果が認められています。ビールに微量添加いたしますと独特のビールの味覚(辛味)が引き立ちます。

8 生鮮魚介類の鮮度維持延長が2倍以上に延長され、冷凍による細胞破壊(冷凍焼け)の防止効果も実証されております。特に血液の血球保存効果による血液の寿命延長がそれらの鮮度を維持する現象につながっていると考えられ、当研究所の治験データ(マグロの品質向上方法)で確認されております。

9 育毛効果を見込めます。おむつかぶれ解消を期待できます。(紙おむつかぶれのひどい乳幼児に使用して、最も安いおむつ商品でもかぶれが皆無の治験があります。日焼けしてしまったお肌に原液を直接噴霧して、皮膚の回復速進が確認されておりシミの発生を軽減するとの報告例が多くあります。

10 生け花に微量散布して展示時間の延長効果を認めます。農産物の成長促進効果が実証されております。

11 養殖関係で成長の促進と良質の増生産が報告されており、農産物もその傾向を認める報告例が多々あります。

12 煮込み料理などに利用されますと煮崩れを抑制し、お鍋に灰汁が付きにくくなり灰汁取りと、調理後のお鍋の洗浄がしやすくなります。

スプレーボトルタイプ浴室用、台所用、携帯用。雑菌の混入は極力抑え安全にお使いただけます。

参考インターネット検索

<http://www.officekid.com/deepsea-ggata2.htm>

<http://deepsea.cup.com/officekid/imgs/chougoueki1.htm>

<http://www.sendoeki.com/sendohome.htm>

沖縄海洋深層水から生まれた [Gri-X](#)。「細胞に馴染みやすい液＝命の水」です。

お肌を司る線維芽細胞の活性化、修復に大きな効果が認められています。

もともと医療目的に研究をしてきた中において開発された世界初の画期的なお肌活性成分であり、真皮へのすばや
い浸透が大きな特徴です。

実際の医療現場で用いられ、アトピー性皮膚炎等の患者に積極的に活用され、沖縄浦添病院の臨床では約 70%の改
善率を示しました。また、赤ちゃんのおむつかぶれ・ただれ・火傷・褥創（床づれ）・ニキビなど、デリケートな
お肌のトラブルに顕著な効果が確認されています。様々なお肌の不調にお悩みの方にきっと喜んでいただける成分
です。

医療法人仁愛会 浦添総合病院 医師 久田友一郎

各菌種に対する Gri-X の抗菌作用

菌 種	Gri-X	平均増殖阻止率
黄色ブドウ球菌	416±31	93%
緑膿菌	103±42	57%
腸内菌	327±66	73%
サルモネラ菌	881±63	29%
肺炎杆菌	249±42	35%
ヘリコバクターピロリ菌	256±53	85%
ATCC	95±42	94%
枯草菌	619±51	68%

実証例 医療現場

アトピーにおける臨床例

臨床例 アトピー性皮膚炎（沖縄 浦添総合病院）



【沖縄海洋深層水=Gri-X 使用前】

【沖縄海洋深層水=Gri-X 使用後 4 日目】

Gri-Xによるアトピー性皮膚炎治療（医療法人仁愛会）

協力者	症 状	深層水調合液（Gri-X）塗布	経 過
Hさん 27歳 女性	全身にアトピー症状	3年前から使用し、現在も使用している。	ほぼ治癒
Bさん 22歳 女性	中学時代より全身にアトピー症状	塗布10日頃に湿疹がなくなった。就寝前に保湿のために無添加クリームを薄く塗っている。	ほぼ治癒 AQUABEAT 食料も併用している
Sさん 45歳 女性	全身にアトピー症状	化粧前後に塗布のみを行っている。就寝時、塗布後に保湿用のオリーブ油を患部に塗布。	ほぼ治癒
Kさん 45歳 女性	全身にアトピー症状	3年前から使用し、一日5回以上の塗布。極度のアレルギー体質である。	ほぼ治癒

床ずれにおける臨床例

臨床例 褥瘡（高知市・H病院）

K. I. さん（女性・82 歳）

平成 9 年 2 月～ C 型肝炎、糖尿病で入院

平成 13 年 4 月～ 肝細胞ガンで転院

平成 13 年 5 月～ 再入院 ・褥瘡を発見

* 5/22 治療開始

平成 13 年 6 月 Gri-X 治療に転換



<5 月 23 日>

仙骨部に褥瘡あり



<6 月 8 日>

5 月 25 日より海洋深層水（Gri-X）治療開始。褥瘡が縮小、浸出液減少、周囲の黒色上皮消失



<6 月 15 日>

1 日に 4 回海洋深層水（Gri-X）を噴霧。ワセリンを薄く塗布後、ガーゼで保護



<6 月 25 日>

段階的に改善の方向



<7 月 13 日>

肉芽形成も良好



<7 月 24 日>

再発所見なく経過も良好
7 月 29 日治療を中止



<8 月 9 日>

潰瘍ほぼ消滅、白色再生上皮に覆われている。



<8 月 9 日>

再発箇所もなく、経過良好

皮膚病変に対する治療効果（沖縄・介護老人保健施設）

症例番号	病変部位	塗布日数	転 帰
T. K. (89) 女性	恥骨部湿疹	9 日間	治癒

G. K.	(95)	女性	頭部皮疹	7 日間	治癒
Y. G.	(98)	女性	仙骨部ビラン	24 日間	治癒
N. U.	(93)	女性	左臀部褥瘡	19 日間	無効
C. T.	(76)	男性	仙骨部褥瘡	28 日間	乾燥
N. H.	(86)	女性	両臀部褥瘡	15 日間	無効
A. G.	(93)	女性	臀部湿疹（塩類溶液）	6 日間	治癒
M. K.	(98)	女性	臀部褥瘡	7 日間	治癒
A. U.	(91)	女性	臀部皮疹	8 日間	治癒
K. S.	(86)	男性	臀部褥瘡	9 日間	治癒
N. K.	(97)	女性	腰部皮膚ビラン	32 日間	治癒
T. K.	(93)	女性	腹部・腰部汗疹	29 日間	無効
Y. Y.	(75)	女性	肩－上腕搔き傷	9 日間	無効

船上火災で重度の火傷(ヤケド)を負う



プロパン火災事故の鮪延縄船

(平成 12 年 8 月 15 日)



被災して四日後の船長の状態

(浦添病院にて)



事故に合って僅か17日後(退院)の状態



ヤケドで痛々しかった顔面及び首筋にもヤケドの痕は残っていません。

(平成 12 年 9 月 1 日)



裁割さらた魚体の中心（中落ち）部まで
鮮度保持効果が影
響し、表面部と中心部のK値
がまったく同じであった。



荷揚げされたキハダマグロの色ツヤも
非常によい。

コーヒーやお茶、吸い物、煮物、水割り用の水としてお使いください。

まろやかで美味しいコーヒーやお茶、お料理に仕上がるができます。

また、炊飯用に使いますと、ふっくらと艶やかに炊きあがり、一晩おいても臭いがつきにくく、黄ばみなども
出にくくなります。

※希釈率1000倍で、飲み水用のポリタンクなどにつくっておくと便利です。



■キビナ

活用事例② 家庭用氷として

この水で氷を造って下さい。クリスタルで解けにくい氷が出来上がります。



活用事例③ 生鮮食品の鮮度保持として

肉・魚・野菜などにスプレーすると鮮度状態に差が現れます。



量販店で買った鶏肉にスプレーをした結果



量販店で買ったシジミを浸漬した結果

その他の実証データ

活用事例④ スキンケアとして

デリケートなお肌のトラブルに顕著な効果があります。



アトピー性皮膚炎の患者に使用した
沖縄浦添病院の臨床では、約70%
の改善率を示しました。

活用事例⑤ ガーデニングや家庭菜園に

植物生育促進や、病害虫への抵抗力がアップします。



基本は葉面散布。

スプレーで植物の葉にシュ・シュと吹き付けるだけです。

いちごの実証例によると、

- ・新芽の伸びが早く、結果的に葉の茂りも多い。
- ・果実内に巣(空間)ができにくい。
- ・果実1個の甘さが一様で、糖度が高く感じられる。
- ・肥料の吸収が早い。

注) 葉面散布は10日以上の間隔を置いて行うようにしてください。

活用事例⑥ ペットに

飲ますだけでペットが元気になり、毛艶もよくなります。



沖縄海洋深層水 Gri-X の学会報告

2000 年 10 月 日本ガン学会 （ピロリ菌抑制効果について）

2001 年 3 月 日本薬学会 （線維芽細胞活性化について）

各菌種に対する Gri-X の抗菌作用

菌 種	Gri-X	平均増殖阻止率
黄色ブドウ球菌	416±31	93%
緑膿菌	103±42	57%
腸内菌	327±66	73%
サルモネラ菌	881±63	29%
肺炎杆菌	249±42	35%
ヘリコバクターピロリ菌	256±53	85%
ATCC	95±42	94%
枯草菌	619±51	68%

臨床例 アトピー性皮膚炎（沖縄 浦添総合病院）



【沖縄海洋深層水=Gri-X 使用前】

【沖縄海洋深層水=Gri-X 使用後 4 日目】

Gri-Xによるアトピー性皮膚炎治療 (医療法人仁愛会)

協力者	症 状	深層水調合液 (Gri-X) 塗布	経 過
Hさん 27歳 女性	全身にアトピー症状	3年前から使用し、現在も使用している。	ほぼ治療
Bさん 22歳 女性	中学時代より全身にアトピー症状	塗布 10 日頃に湿疹がなくなった。就寝前に保湿のために無添加クリームを薄く塗っている。	ほぼ治療 AQUABEAT 飲用も併用している
Sさん 45歳 女性	全身にアトピー症状	化粧前後に塗布のみを行っている。就寝時、塗布後に保湿用のオリーブ油を患部に塗布。	ほぼ治療
Kさん 45歳 女性	全身にアトピー症状	3年前から使用し、一日 5 回以上の塗布。極度のアレルギー体質である。	ほぼ治療

臨床例 褥瘡 (高知市・H病院)

K.I.さん (女性・82歳)

平成 9 年 2 月～ C 型肝炎、糖尿病で入

院

平成 13 年 4 月～ 肝細胞ガンで転院



<5月23日>



<6月8日>

平成 13 年 5 月～ 再入院 ・ 褥瘡を発見 仙骨部に褥瘡あり

＊5/22 治療開始

平成 13 年 6 月 Gri-X 治療に転換

5 月 25 日より海洋深層水

(Gri-X) 治療開始。褥瘡が
縮小、浸出液減少、 周囲の
黒色上皮消失



<6 月 15 日>

1 日に 4 回海洋深層水
(Gri-X) を噴霧。ワセリン
を薄く塗布後、ガーゼで保護

<6 月 25 日>

段階的に改善の方向

<7 月 13 日>

肉芽形成も良好



<7 月 24 日>

再発所見なく経過も良好
7 月 29 日治療を中止

<8 月 9 日>

潰瘍ほぼ消滅、白色再生
上皮に覆われている。

<8 月 9 日>

再発箇所もなく、経過良好

皮膚病変に対する治療効果（沖縄・介護老人保健施設）

症例番号	病変部位	塗布日数	転 帰
T.K. (89) 女性	恥骨部湿疹	9 日間	治癒
G.K. (95) 女性	頭部皮疹	7 日間	治癒
Y.G. (98) 女性	仙骨部ビラン	24 日間	治癒

N.U.	(93)	女性	左臀部褥瘡	19 日間	無効
C.T.	(76)	男性	仙骨部褥瘡	28 日間	乾燥
N.H.	(86)	女性	両臀部褥瘡	15 日間	無効
A.C.	(93)	女性	臀部湿疹（塩類溶液）	6 日間	治癒
M.K.	(98)	女性	臀部褥瘡	7 日間	治癒
A.U.	(91)	女性	臀部皮疹	8 日間	治癒
K.S.	(86)	男性	臀部褥瘡	9 日間	治癒
N.K.	(97)	女性	腰部皮膚ビラン	32 日間	治癒
T.K.	(93)	女性	腹部・腰部汗疹	29 日間	無効
Y.Y.	(75)	女性	肩－上腕搔き傷	9 日間	無効

ドクターコメント

新垣義清医師（しんがき・よしきよ）小児科医師。
海洋深層水を治療に併用し、数多くの治療効果を上げている。

アトピー治療のひとつに海洋療法がありますが、この治療もその一環と考えています。ただ、海水のままでは塩分が強いので、**調合海洋深層水（鮮度液）**を用い、薬の湿布と合わせて、1日3回、患部を洗います。

提供元 周超音波研究所・周鮮魚

住所 沖縄県南城市玉城字堀川555

TEL・Fax 098-949-7807

光子(こうし、フォトン、photon)は、**電磁相互作用**を媒介する**ゲージ粒子**である。**素粒子物理学**においては記号 γ (**ガンマ線**に由来する)、**光化学**においては記号 $h\nu$ (後述する光子の持つエネルギーを表す式から来ている)で表されることが多い。

アルベルト・アインシュタインが**マックス・プランク**の**黒体放射**の**量子仮説**を基にして、**電磁波**の**粒子的**な側面を説明するために導入した**光の量子**である。アインシュタイン自身は**光量子** (light quantum) の名前で提唱していた。

光子1個の持つ**エネルギー** E は、**プランク定数** h 、**振動数** ν 、**光速** c 、**波長** λ を用いて

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

で表される。[光電効果](#)は物質中の[電子](#)が、光子 1 個を吸収し、そのエネルギーを自身の運動エネルギーとして物質から飛び出す(もしくは[半導体](#)等の[伝導帯](#)へ励起される)現象として説明される。

また、光子はその進行方向に大きさ

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

の[運動量](#)を持つ。[コンプトン効果](#)はこの運動量を持つ光子と電子の弾性散乱として説明される。

光子は[質量](#)や[電荷](#)が 0 であり、安定な[素粒子](#)である(崩壊寿命がない)。光子の[反粒子](#)は光子自身となる。また光子は[スピン](#) 1 を持つ[ボース粒子](#)である。[角運動量保存則](#)のため、光子の吸収、あるいは放出の前後には系の角運動量がこのスピン角運動量の分だけ変化しなくてはならない。このことが[電磁波](#)の吸収における状態遷移が起こりうるか否かを決定する選択律の原因となる。

電磁波の吸収が起こる過程においては通常は 1 個の光子のみが吸収されるが、[レーザー](#)のように光子密度の大きな電磁波を用いると複数の光子が吸収されることもある。このような過程は多光子過程と呼ばれる。

[ボース粒子](#)(-りゅうし)は**ボソン**(Boson)とも呼ばれ、[スピン角運動量](#)が[整数](#)の[量子力学](#)的粒子である。その名前は、インドの物理学者[サティエンドラ・ボース](#)(Satyendra Nath Bose) に由来する。

物理学的説明 [\[編集\]](#)

[場の量子論](#)から、整数スピンを持つ粒子は 2 つの同種粒子を入れ替えたとき[波動関数](#)の符号が変化しないという性質がある。つまり複数の同種のボース粒子からなる系の全波動関数を ψ 、 i 番目の粒子の座標を x_i としたとき、

$$\psi(\cdots, x_i, \cdots x_j, \cdots) = \psi(\cdots, x_j, \cdots, x_i, \cdots)$$

のように i 番目と j 番目の粒子を入れ替えても、波動関数の正負が逆転しない。

すなわち、2 つのボース粒子があってそれぞれの 1 粒子の波動関数が φ 、 χ と表せるなら、2 つのボース粒子の全波動関数は単に

$$\phi(x_1, x_2) = \phi(x_1) \chi(x_2)$$

ではなく、この入れ替えについての性質から

$$\phi(x_1, x_2) = \phi(x_1) \chi(x_2) + \phi(x_2) \chi(x_1)$$

と表されなくてはならない。

[フェルミ粒子](#)と異なり、ボース粒子には2つの粒子が同じ1粒子波動関数をとっている

$$\phi(x_1, x_2) = \phi(x_1) \phi(x_2)$$

のような状態が許される。すなわち、1つの体系内であっても同一の[量子状態](#)をいくつもの粒子がとることができる。この規則から導かれる熱平衡状態にある同一種のボース粒子からなる体系が従う量子統計をボース=アインシュタイン統計という。(インドの物理学者サティエンドラ・ボースと、物理学者[アルベルト・アインシュタイン](#)の名から命名された。)

ボース粒子の例 [\[編集\]](#)

ボース粒子に属する粒子には、[素粒子](#)の間の[相互作用](#)を媒介する[ゲージ粒子](#)である[光子](#)、[ウィークボゾン](#)、[グルーオン](#)(いずれもスピン 1)がある。入射光を完全に吸収する物体である[黒体](#)からの光の輻射の振動数分布(プランク分布)はボース=アインシュタイン統計から導かれる。未発見の粒子については、重力を媒介するゲージ粒子の[重力子](#)(グラビトン)がスピン 2 のボース粒子と考えられている。また、素粒子に[質量](#)を与える[ヒッグス粒子](#)はスピン 0 のボース粒子と考えられている。

また[中間子](#)もボース粒子である。 π 中間子や K 中間子、D 中間子、B 中間子はスピン 0、 ρ 中間子、 ω 中間子、 ϕ 中間子、J/ ψ 中間子はスピン 1 である。

また、[凝縮物質の物理](#)に現れる[フォノン](#)や[マグノン](#)のような[準粒子](#)、[超伝導](#)に関与する[クーパー対](#)もボース=アインシュタイン統計に従う。

磁気単極子(じきたんきよくし、Monopole)とは単一の[磁荷](#)を持つとされる仮想的な[素粒子](#)。**モノポール**とも言われる。

現在では、[宇宙のインフレーション](#)の名残として生み出されたと仮定されるものの一つである。2009 年現在に至るまでその存在は観測されておらず、現在でもモノポールを観測する試みが[カミオカンデ](#)などで続けられている。

目次

[[非表示](#)]

- [1 概要](#)
- [2 陽子崩壊の触媒作用](#)
- [3 マクスウェルの方程式](#)
- [4 磁気単極子が登場する作品](#)
- [5 関連項目](#)

概要 [[編集](#)]

[磁石](#)にはN極、S極の二つの[磁極](#)が必ず存在し、この組み合わせを[磁気双極子](#)という。N極のみ、およびS極のみを持つ磁石、磁気単極子(モノポール)は現在まで観測にかからず存在しないと考えられている。例えば両端がそれぞれN極とS極になっている棒磁石があったとして、これを真ん中で二つに折ったとしても、同じく両端がそれぞれN極とS極になっている棒磁石が二つできるだけの事であり、N極とS極のみを単純に取り出す事はできない。[電磁石](#)を考えれば、この事は容易に理解できる。電磁石は電流を流したコイルであり、これを二つに分割しても、巻き数が半分になった電磁石が二つ生まれるだけである。永久磁石についても、それを構成する物質の原子が電磁石と同じ働きをしているものであり、原理としては同じである。[マクスウェルの方程式](#)により代表される古典電磁気学はこの前提のもとに構成されている。

その一方で、電気については、プラスとマイナスのふたつが存在し、これらは単独で取り出す事が可能である。これは電気の根元がプラスの[陽子](#)とマイナスの[電子](#)に由来しているからである。そして、古典電磁気学は電気と磁気の関係について対称であり、この関係を逆にする事が可能である。普通は、コイルを流れる電気によって磁力を発生する、言い換えれば円周上を周回する電子の運動によって磁界が生じる。これを、磁気単極子が円周上を周回する事によって電界が生じるというモデルに置き換える事ができるのである。つまり、マクスウェルの方程式は磁気単極子の存在を許すように容易に改変出来る。さらに [1931 年](#)に[ディラック](#)は量子力学でも磁気単極子を考えることが可能であり、しかもそれが可能になるための条件から磁荷の最小単位が定まることを示して磁気単極子が一躍注目をあびた。

陽子崩壊の触媒作用 [[編集](#)]

予想される[大統一理論](#)においては、[クォーク](#)と[レプトン](#)は本来同じ粒子の異なった状態であり、インフレーションの際の相転移によって分化したとされ、相互に変換可能であるとされる。陽子内のクォークがレプトンに変化すると[バリオン数](#)を保持できなくなり[陽子崩壊](#)が発生する。しかし陽子の予想寿命が極めて長いことからわかるようにクォークからレプトンへの変化は極めて低い確率でしか発生しない。だ

がモノポールはインフレーション以前のクォークとレプトンが分化する前の空間の[位相欠陥](#)であり、その中心部付近においてはクォークとレプトンは分化することができず、分化前の粒子に戻ってしまい、そこから通常空間に復帰した粒子はクォークにもレプトンにも変化する可能性がある。そのため陽子や中性子のクォークがモノポールの磁力で引き付けられ、中心部付近を通過してレプトンに変化すると陽子崩壊が発生する。モノポール自身は外部からのクォークを変換しただけで不変であるので、これを[触媒](#)に見立てることができる。これらの作用を予想した人物の名を取ってルバコフ効果と呼ぶ場合もある。

これらの性質のため [SF](#) では磁気単極子を磁場の中に封じ込め、振動させることによって燃料物質の[陽子崩壊](#)を誘発してエネルギー源として利用するアイデアが登場している。

マクスウェルの方程式 [\[編集\]](#)

ディラックによれば、マクスウェルの方程式は「磁気単極子の存在」により次のようになる。

- $$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$
- $$\nabla \cdot \mathbf{H} = \frac{\rho_m}{\mu_0}$$
- $$\nabla \times \mathbf{E} + \mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = -\mathbf{J}_m$$
- $$\nabla \times \mathbf{H} - \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mathbf{J}_e$$

磁気単極子は[陽子](#)の 10^{16} 倍程度の質量を持ち、磁気単極子の[磁荷 \$g\$](#) は次式で表される。

$$g = \frac{n\hbar c}{2e}$$

ここで、 n は任意の整数である。

磁気単極子が登場する作品 [\[編集\]](#)

- 小説「竜の卵」著：[ロバート・L・フォワード](#)で核融合の触媒として登場。
- 少年漫画「[Q.E.D. 証明終了](#)」の第 07 話『1st, April, 1999』
- 小説「[サイバーナイト](#)」シリーズ

陽子崩壊の触媒として利用するモノポール反応炉として [パワードスーツ](#) であるモジュールや艦船の推進機関に使用されている。

- オリジナルアニメーション「[YAMATO2520](#)」の作品内全般

半永久機関である [波動エンジン](#) に変わる新型機関「モノポールエンジン」として登場するため、[真空相転移](#) 反応の触媒として使用されている。出力は波動エンジンのそれを凌ぐ。

- 小説「[9S](#)」の主人公、坂上闕真の武器「鳴神尊」の原料の一つ目とされている。
- TV アニメ「[星方武俠アウトロースター](#)」の第 22 話「重力脱獄」にて、主人公らが脱獄する際に使用。
- TV 特撮「[ウルトラマンガイア](#)」の第 47 話「XIG 壊滅!?!」に登場する超巨大怪獣モキアンの体内に存在。地球に接近して地磁気を狂わせ、天変地異を起こそうとする。
- PC ゲーム「[スタークルーザー](#)」に単極子駆動型という航宙用エンジンが登場する。
- TV アニメ「[機動戦士ガンダム 00](#)」に「GN ドライブ」と呼ばれるモノポールを利用した動力機関が登場する。
- 漫画「[ルパン三世 M](#)」に魔毛狂介の作成したタイムマシン 2 号機の動力源として登場。
- 小説「[トゥインクル☆スターシップ](#)」シリーズでトゥインクル☆号の動力にモノポールが使用されているような描写が登場する。
- TV ゲーム「[サンダーフォース V](#)」では外宇宙から飛来した Vasteel を解析した際に得た技術の 1 つとしてモノポール理論が挙げられている。

超流動ヘリウム 4 の諸理論

ボーズ凝縮系の秩序変数

ボーズ場の演算子

よくあるように、運動量空間に於ける 3 次元理想ボーズ粒子の生成・消滅演算子をそれぞれ次のように表すことにする。

$$\begin{aligned}
a_p |n_p\rangle &= \sqrt{n_p} |n_p - 1\rangle \\
a_p^\dagger |n_p\rangle &= \sqrt{n_p + 1} |n_p + 1\rangle \\
[a_p, a_p^\dagger] &= \delta_{p,p'} \\
[a_p, a_p] &= [a_p^\dagger, a_p^\dagger] = 0
\end{aligned}$$

以上の関係から、粒子数演算子の統計平均 n_p とボーズ分布関数の関係を求めると次のようになる。

$$n_p = \langle \hat{n}_p \rangle = \langle a_p^\dagger a_p \rangle = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon_p - \mu)} - 1}$$

ここで、 $\beta=1/kBT$ で、 μ は化学ポテンシャルである。

以上のボーズ粒子の生成・消滅演算子をもちいて、ボーズ(波動)場 ψ を次のように定義する。

$$\begin{aligned}
\psi(r) &= \frac{1}{\sqrt{V}} \sum_P e^{ip \cdot r} a_p \\
\psi^\dagger(r) &= \frac{1}{\sqrt{V}} \sum_P e^{-ip \cdot r} a_p^\dagger
\end{aligned}$$

これも通常の場の演算子と同じように、次のような交換関係を満たす事が解る。

$$\begin{aligned}
[\psi(r), \psi^\dagger(r')] &= \delta(r - r') \\
[\psi(r), \psi(r')] &= [\psi^\dagger(r), \psi^\dagger(r')] = 0
\end{aligned}$$

さて次は、ボーズ凝縮体の存在を見越してボーズ場 ψ の中で特に運動量 $p=0$ の成分 ψ_0) だけを抜き出す。

$$\begin{aligned}\psi(r) &= \psi_0 + \frac{1}{\sqrt{V}} \sum_{p \neq 0} e^{ip \cdot r} a_p \\ \psi^\dagger(r) &= \psi_0^\dagger + \frac{1}{\sqrt{V}} \sum_{p \neq 0} e^{-ip \cdot r} a_p^\dagger\end{aligned}\quad (*)$$

ψ_0 の満たす交換関係は、

$$[\psi_0, \psi_0^\dagger] = V^{-1} [a_p, a_p^\dagger] = V^{-1} \rightarrow 0$$

すなわち、系の大きさが大きくなる(N/V を一定にしつつ、 N と V を無限大にする)と交換関係を満たすC数と見なすことができる。

相関関数

ここで、理想ボーズ粒子系の相関関数なる関数を導入する。

$$\rho_1(r, r') = \langle \psi^\dagger(r') \psi(r) \rangle$$

もし、 $r=r'$ ならば、相関関数は粒子数密度の演算子の期待値となる。

一様な系では、 ρ_1 は $r-r'$ だけで書き表すことができる事を利用して、相関関数を上記式(*)を利用して書き下すと、次のようになる。

$$\rho_1(r - r') = \langle \psi_0^\dagger \psi_0 \rangle + \frac{1}{h^3} \int dp \frac{e^{ip \cdot (r-r')}}{e^{\beta(\epsilon_p - \mu)} - 1}$$

ここで、右辺第1項は「運動量 $p=0$ である」という事を指定しただけで、位置は全く指定していない。すなわち、第1項が有限の値を持つなら、どんなに離れた2点の間にも相関が存在する事を意味している。したがって、第1項は**長距離相関**を表している。また、式の形を見ても解るとおり、第1項そのものは $p=0$ の粒子の密度、すなわち**凝縮体の密度**そのものを表していることがわかる。

一方、第2項は r と r' の距離が(おおよそドブロイ波長程度以上)離れるに従って減衰するため、短距離相関を表している。

相互作用のある場合

以上の話を、相互作用のある場合に拡張すると、相関関数は次のように書ける。

$$\begin{aligned}\rho_1(\mathbf{r}, \mathbf{r}') &= \langle \psi^\dagger(\mathbf{r}') \psi(\mathbf{r}) \rangle \\ &= \langle \psi^\dagger(\mathbf{r}') \rangle \langle \psi(\mathbf{r}) \rangle + C(\mathbf{r}, \mathbf{r}')\end{aligned}$$

ここでもやはり第1項は長距離相関、第2項は短距離相関を表すものである。さらに、

$$\Psi(\mathbf{r}) = \langle \psi(\mathbf{r}) \rangle, \quad \Psi^*(\mathbf{r}) = \langle \psi^\dagger(\mathbf{r}) \rangle$$

とおくと、長距離相関部分は $\Psi^*(\mathbf{r}') \Psi(\mathbf{r})$ のような非対角な形になる。そのため、**非対角長距離秩序 (ODLRO)** と呼ばれる。また、 $\Psi(\mathbf{r})$ は一粒子 (波動) の消滅演算子の期待値であるから、通常は0になるべき量である。

秩序変数と巨視的波動関数

相互作用のない理想ボーズ系とある場合の相関関数を比べると、 $|\Psi(\mathbf{r})|^2$ が凝縮体の数に比例すべき事が解る。したがって、秩序変数は

$$\Psi(\mathbf{r}) = \sqrt{n_0} e^{i\phi}$$

とかける。ここで、 n は凝縮体の密度で、 ϕ は位相である。ここまでの議論では単なる式変形の産物に過ぎないが、秩序変数とその位相がボーズ凝縮系において極めて重要な役割を果たすことが、次の議論から解る。

まず、グランドカノニカルなハミルトニアンをボーズ波動場の演算子で書く。

$$\begin{aligned}\mathcal{H} &= - \int d\mathbf{r} \psi^\dagger(\mathbf{r}) \left(\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m} + \mu \right) \psi(\mathbf{r}) \\ &\quad + \frac{1}{2} \int \int d\mathbf{r} d\mathbf{r}' \psi^\dagger(\mathbf{r}) \psi^\dagger(\mathbf{r}') V(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \psi(\mathbf{r}') \psi(\mathbf{r})\end{aligned}$$

液体ヘリウムの場合は、相互作用を剛体球近似して

$$V(\mathbf{r} - \mathbf{r}') = g\delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \quad , \quad g = 4\pi a\hbar^2/m$$

とする。ここから、 $\psi(\mathbf{r})$ をハイゼンベルグ表示 $\psi(\mathbf{r}, t)$ におきかえ、ハイゼンベルグの運動方程式を求めると、

$$\begin{aligned} i\hbar \frac{\partial \psi(\mathbf{r}, t)}{\partial t} &= [\psi(\mathbf{r}, t), \mathcal{H}] \\ &= -\left(\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m} + \mu\right) \psi(\mathbf{r}, t) + g\psi^\dagger(\mathbf{r}, t)\psi(\mathbf{r}, t)\psi(\mathbf{r}, t) \end{aligned}$$

さらに統計平均を取ると、時空変化する秩序変数の満たすべき方程式が得られる。

$$i\hbar \frac{\partial \Psi(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = -\left(\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m} + \mu\right) \Psi(\mathbf{r}, t) + g|\Psi(\mathbf{r}, t)|^2 \Psi(\mathbf{r}, t)$$

これを、**Gross-Pitaevskii 方程式**と呼ぶ。そして、**秩序不変数 Ψ は波動方程式の性質を持つ**ことが解る。これを、**巨視的波動関数**と呼び、凝縮体が従う基本的な方程式と見なすことができる。

巨視的波動関数と超流動速度場

秩序変数がシュレディンガー方程式を満たすのであれば、「確率流れ密度」さらには「超流動速度 v_s 」を求めることができる。

$$\begin{aligned} \mathbf{j} &= -\frac{i\hbar}{2m} (\Psi^* \nabla \Psi - \Psi \nabla \Psi^*) = \frac{\hbar}{m} n_0 \nabla \phi \\ \mathbf{v}_s &= \frac{\hbar}{m} \nabla \phi \end{aligned}$$

すなわち、**超流動速度は巨視的波動関数の位相の勾配**に等しく、 $\text{rot } \mathbf{v}_s = 0$ より、**超流動流は位相をポテンシャルとするポテンシャル流**であると言える。

超流動ヘリウム4中の素励起



超流動転移とボーズ凝縮

ヘリウム4を理想ボーズ粒子としてボーズ凝縮温度

$$T_{BE} = \left(\frac{1}{2S+1} \frac{N}{V} \right)^{2/3} \left(\frac{h^2}{2\pi m k_B} \right)$$

(ただし、Sはスピン(0)、 N/V は数密度、mは質量。)

を算出すると、3.13 K となる。これは、飽和蒸気圧下の超流動転移温度の実測値 2.17 K にちかい。そのことから、超流動とボーズ凝縮は等価なものだと考えられてきた。



[超流動ヘリウム4に戻る](#) / [量子液体ヘリウム3](#) / [固体ヘリウム3](#)

[戻る](#)

精神波量子脳理論 「神秘体験」(弓月城太郎・作)より

私はその夜、ゴードン邸の二階の自室で、昼間スミス氏から受け取った報告書と論文のコピーをもとに、『精神波量子脳理論』の構想をまとめた。

私は理論体系を構築するにあたって、夥しい量の計算をこなした。ひと晩の作業量としては相当なものだ。

作業は深夜に差し掛かり、部屋は神聖な静寂に包まれた。それは神秘的な体験だった。私は神の臨在を感じ、聖霊の与え給うインスピレーションのま

まにキーを操作し、パソコンのイリュージョン・ディスプレイに表示されるテキスト画面にトランス状態になって書き込んだ。まるで神がお造りになった量子的宇宙の設計図を見せられているかのように。

私の集中力はいつにも増して高まり、疲労は微塵も感じなかった。

明滅する光のように突如として脳裏に浮かぶ焔{ひ}のような文字。知覚力の増大を感じる。目の前を虚数的実在が現実の幾倍にも増してリアリティを持つ実在として私の視覚野を掠めてゆく。

——二階微分することによって連続体曲率となる、計量テンソルの非ユニタリな変換は、真空の相転移による場の影響の変化として位相の変分に相当し、真空の励起状態を生成する。これはゲージ変換に伴う位相変位が、場の量子論の効果によってエネルギーに転換されることを意味する。連続的相転移のテンソル積は連続体の最下層にまで及ぶ。隠れた変数の存在により、重力の相互作用の揺らぎはなく、他の交換子による相互作用の揺らぎもない。非局所的に相互作用することによる位相変位とエネルギーが等価変換されるアラン・スミスによるボーム量子力学の新しい場の量子論。それは整然とした数式で綴られた、量子重力理論を含む統一場理論の完成した姿だった。

ボームのモデルは通常量子力学の性質をすべて導くことができる。その内奥には『神の階梯』へと繋がる階層構造的な広大な精神の海が広がっている。そのとき私の意識は方程式の奏でる天上の調べに乗って精神の高みへと運ばれ、私はそこで壮大な宇宙のシンフォニーを聴いた。

時空的広がりをもつ遍在波の量子軌跡の記述は、パイロット波、すなわち素粒子の明確な位置と運動量の隠れた変数を伴った形式での時間発展するシュレーディンガー波動方程式で表わされる。またそれを空間微分した方程式は、粒子の運動を決定するベクトルポテンシャルを意味する。

精神波の正体はこの遍在波なのだ。そのデータ構造は、意味と意味との結び付きを記述するデータベース・フレーム構造のニューラルネット表現であるセルアセンブリと相同であり、時系列的なニューロンの発火及び抑制のパターンと一対一線形写像の対応関係をなしている。

その記述に要する数学的構造は、可分な性質を持つヒルベルト空間上に定義される、無限次元の立体構造を持つ、時間発展するベクトル波である。その総体であるフォック空間の時間的断面における状態ベクトルの各座標軸への射影は、機能ニューロン群ユニット(コラム)の入力起点である興奮性(或いは抑制性)ニューロンの持つ固有共振要素を正規直交系の基底ベクトルとして、その整数倍として表わされる。

状態ベクトルの複素線形的加算による座標軸上の射影成分の整数倍化は、ニューロンの書き込みモードでのパルス重複度の整数倍化、すなわち情報の

「重み付け」を意味している。

また長い間不明とされていた記憶の「保存」と「脳内（及び脳外）での遍在性・全体性」の謎は、量子エンタングルメント とアハラノフ・ボーム効果、及び形態因果作用による時空間を隔てた相互作用により説明される。

これらのことから精神波を媒体とした情報処理には、エンタングルした電子群のスピン配列によって表される「波形」と、それに対応するベクトルポテンシャルの密度分布による「重み付け」のふたつの指標が用いられていることがわかる。

主に側頭葉で行なわれている記憶の参照は、時空間に跨る精神波の「波形の相同性」と「重み付け」による、任意の分節点における区間積分値の閾値による判定によって遂行される。この場合、ニューロンは「波形検出器」と「積分加算器」の両方の特徴を発揮する。「積分加算器」としての機能が強調される場合には、波形の欠損部分についての情報の補完が行なわれていることを意味するが、これは前頭連合野との連携処理となり、飛躍的ではあるがやや不正確な情報処理となる。

脳の各所で分散処理された知覚の候補となるニューロン信号を伴った精神波信号は、そのグループごとの重み付けに従って競合抑制的に選択され、連合してひとつの統一した意識体へと紡ぎ上げられる。最終的に勝ち残った強い精神波信号のグループは、前頭連合野において自意識の表層へと昇ってくる。ここではゲーデル命題の決定を含む、波形の欠損部分の情報の補完という作業が待っている。

「知覚」（自意識または自己認識）は精神波波形全体を単に自己干渉させる最も単純な形式のゲーデル命題であり、「思考」は、「注意」によって微小部分の重み付けを増幅させ、増幅された部分での最適化を逐次行なう、知覚よりも複雑な形式のゲーデル命題と考えられる。しかし、いずれの作業による最適化も徹底的に遂行されるわけではなく、処理の高速化を計るため、重み付けによって割り切った、かなり粗い近似が行なわれる。

続いて前頭連合野での飛躍的な処理について数理物理的側面からの考察を進める。

ゲーデル命題を構成し、自意識を創出する自己言及的論理構造のニューラルネット表現は、必然的に再帰的ニューロン結合のループを構成する。

再帰的ニューロン結合のループは、その物理的特性において、電子波の自己干渉、すなわちコヒーレントな波の干渉を許容する構造となっている。その構造は、位相空間上での状態ベクトルの複素線形的加算を行なう一種の超相対論的粒子加速器とみなすことができ、電子のエネルギー運動量の増加をもたらさない位相空間上での線形加速を実現している。位相空間上の潜在的

アインシュタイン禁止領域への状態ベクトルの伸長から重力による波束の客観的収縮という過程は、超光速の電子の移動、すなわち量子トンネル効果という結果をもたらす。その間、自己誘導透明化現象によって熱雑音は遮断されていると考えねばならない。また、そのときに連れ帰る電子の情報ポテンシャルはミンコフスキー時空光円錐外部の情報であり、場の遮断を前提とした未来の情報ポテンシャルを反映する。

ではゲーデル命題を決定へと導く情報エントロピーの減少はどこからもたらされるのだろうか？ そのためには「力場」と「意味場」の連続体について論じる必要がある。

量子力学の標準的解釈である「コペンハーゲン解釈」とは異なり、「ボームの解釈」を量子像として採用した場合の最大の特徴は、「相補性の原理」に伴って、瞬時にして量子ポテンシャルが時空間に遍在する性質から、場の遮断（場の勾配の凍結）を生じることである。

このことは熱力学の第一法則及び第二法則の破れを予言するだけでなく、波動関数の非局所的閉じ込めをも説明する。

二原子分子の核スピンの結合と呼ばれる互いに逆向きのスピンで結合している状態で、二つの原子が分裂して遠ざかっていくような場合にも、この相関は非局所的に保たれることが知られている。

このことは粒子性から波動性への状態変化に伴う相転移面内部で波動関数の非局所的閉じ込めが行なわれていることを示唆している。ここでは相対論時空を量子化して考えねばならない。すなわち量子エンタングルメントの生成である。

また四つの力場には、それぞれ遮断面が存在するのだが、原子核周囲軌道上の電子に作用する力は、このうち電磁気力と重力だけなので、ここではその二つの力場についてのみ考慮すればよい。

電磁場の遮断面（アレフⅠ - Ⅱ連続体境界面）での電子の相転移は、位相 - エネルギー変換系であり、位相空間での位置情報の変化分に電磁場の勾配を掛け合わせた分のエネルギーを光子として湧出させる。

二量体の構造を持つチューブリン蛋白質の電気的特性は、極性を持ったダイポール構造をしており、場の量子論の効果が現われる原子の凝集場を形成している。

重力による波束の客観的収縮によって、場の遮断状態が解除されると、波動状態の軌跡から粒子状態の軌跡への遷移が生じ、そのときに放出される電磁波は脳内磁場との相互作用によりスピンの三値状態に対応した特徴あるスペクトルとなる（ゼーマン効果）。

また放出された電磁波は、チューブリン蛋白質の重合体であるマイクロチ

ューブルの導波管構造の中のボーズ場で束ねられ、スペクトルの違いによって検波されると共に、電流に変換されることにより、興奮性及び抑制性の入力信号として静止膜電位を変動させるための電荷を供給する。

以上が情報の出力系の説明である。次にアレフⅠ - Ⅱ連続体境界面内部で起きている物理的作用について述べる。

位相空間である複素時空において、エンタングルした電子群のスピン配列とそれに対応するベクトルポテンシャルの密度分布は、全体的な意味情報としての情報エントロピーを定義する。それは「意味の場」におけるひとつの量として扱われ、その相同性の積算値は作用素として働く（シェルドレイクの形態因果作用）。その作用は、時空間を超越した過去や量子的超並列性によって展開される多世界解釈的可能性世界の中から最適解を吸引する力として働く。

なお量子エンタングルメントによる相関は古典的結合よりも強いため、運動が起きても情報が損なわれることはない。「意味の場」においては「力の場」と双対をなす形式で、「情報エントロピー保存の法則」が成り立つのである。

しかし相転移によって、さらに上位連続体との境界面を突破すると、この保存則は破られてくる。

量子的宇宙の構造は粒子的に閉じた系ではなく、それはちょうど海洋に浮かぶ島々のごとく海底で繋がっているような構造となっている。

アレフⅡ - Ⅲ連続体境界面。重力場の遮断面。この境界面では同時にスピンネットワークの場も遮断され、高次情報エントロピー（高次の意味の結び付き）を定義するレジストネットワークの場に関係性が移行する。

ここで「レジスト」という造語について触れておかなければならない。連星パルサーのパルス周期のずれに見られる慣性系の運動エネルギーと重力波のエネルギーの変換は、本来は量子論的な相互作用のモデルで説明されなければならない問題である。P・ディラックは量子重力理論の定式化のために重力と計量との間に交換関係を課したが、スミスモデルでは、重力場の遮断面内で生じる「空間の引き摺り」による位相変位が一重力子の励起分に相当する大きさに達すると、重力子を放出し、波束の客観的収縮を生じるものとしている。スミスは、この「空間の引き摺り」を生じさせる物質粒子の持つ属性を「レジスト」と名付けている。

さて、アレフⅢの階梯で生じる量子エンタングルメントは相転移によっても保存されるため、連続体間の写像の受け渡しは、量子エンタングルメントという共通の作用によって架橋されていると考えられる。

遍在波としての精神波の数理的構造が可分な性質を持つヒルベルト空間上に定義される立体波となることは既に述べた。意味と意味との連合は、この

立体波どうしの干渉であり、このヒルベルト行列の要素を係数として表わされる不定項を含む連立非線形常微分方程式の解として与えられる。

しかし自意識の創出にかかわる立体波の自己干渉のパターンでは、このアレフⅡヒルベルト行列から得られる連立解は、不完全性定理によって不定となることが分かる。

なぜならば、この連立解は、不定項を含んだ個々の非線形常微分方程式の可解群を意味するハミング距離座標系での n 次元リーマン多様体どうしの接点の軌跡として表わされ、自己言及的組み合わせの場合には、同心体となって解が完全不定となるからである。

アレフⅡの集合体の中では、このゲーデル命題を決定することができない。決定される条件は、連立非線形常微分方程式が可解となる条件を満たす第二の方程式がアレフⅢの階段からの写像として与えられる場合である。

しかし、ただちにこの解は得られるだろう。その理論的根拠は、量子的非局所性によってアレフⅢの階段の情報ポテンシャルの未来曲線が決定されるため、その情報を得ることによって連立を取ることが可能だからである。自意識はこのときただちに創出される。この未来曲線は自意識の創出にとって必要不可欠であるとともに目的論的情報処理のトレンドラインをなしている。

問題なのはアレフⅢの階段でのゲーデル命題の決定である。精神波波形の情報欠損部分の補完は、原則として記憶を参照する形式で行なわれる。そのときにはアレフⅢの高次波形の連続性に基づいて補完が行なわれる。もしこの補完が適合であるなら細部の最適化は後回しにして、ひとまず計算終了となる。しかし高次情報エントロピーを減少させる最適解が記憶の中に存在しないなら、それらはすべて不適合となり、ループの循環は終了せず、手掛かりを未来に求めることになる。ループの循環が継続すると、ベクトルポテンシャルの複素線形的加算によって、形態因果作用を増大させつつ、情報ポテンシャルも未来へと時間発展し、ついに何らかの波形を引き寄せる。

問題解決のための目的論的思考においては、アレフⅢの高次情報エントロピーの減少条件を満たす最適解を、アレフⅡとそれに対応するアレフⅢの量子的超並列性による多世界解釈の可能性世界の組み合わせの中から時空間を越える形態因果作用によって吸引し、補完が行なわれているものと推察される。この手順は量子誤り訂正を必要としない量子計算に相当する。単一の記憶を用いた補完によって完遂しない細部の最適化や、記憶どうしをどのように組み合わせるのかといった問題の解決は、このようにして行なわれているものと思われる。またNP可算の領域を越えてゲーデル命題が決定される理由は、ここにヘッジファンドの原理による情報エントロピーの減少分が含ま

れるためである。

メタ原理の法則性から下位の原理の法則性を決定する最確値が求まるその仕組みは変分原理によるものであるが、「最小自乗法による近似の原理」に似ていると言えるかもしれない。

以上のことから脳は一種のタイムマシンであると結論付けられるが、量子的非局所性によってもたらされた未来の情報は、場の遮断を前提とした常に変わり得る未来の「予定」であり、「予測」に過ぎないことが分かる。これは真性のパラドックスではなく、疑似タイムパラドックスなのである。

「時間と自意識」「時間と自由意志」の関係について述べるならば、自意識の本質は「自己認識」、自由意志の本質は「自己決定」であり、それらふたつは共に自己言及的論理構造とタイムパラドックスの所産と言える。量子ポテンシャルの遍在速度を無限大にとり、時間的に振じれたフィードバックのタイムスパンを漸近的にゼロに近づけると、疑似タイムパラドックスと真性タイムパラドックスは同値となり、この瞬間にアレフⅡのゲーデル命題は決定され、このとき自意識の創出と自己決定が起きるが、アレフⅢの未来方向では時間的に振じれたフィードバックの自己言及性により、その階梯でのゲーデル命題は現時刻において必ず非決定となり、自由意志の存在が保証される。

それ故に人間の自意識は「現在」という特殊な時刻においてのみ存在している。「時間の流れ」とは、非決定であったものが決定されてゆく過程なのである。

また、これまで多岐に渡って述べてきた知見は、「創造性」や「悟り」といった高次の意味の結び付きを説明する。天啓のように突如として自意識の表層に浮かぶその答えは、それを得るためのプロセスを言語化することができない。

これは推測の域を出ない話であるが、瞑想時における神秘体験（光の体験）のうち、知覚の消滅を伴う光の体験は、自意識の対象をアレフⅢレベルのゲーデル命題に絞り込む心身相関的な操作であるため、その非決定性が知覚を消滅させるものと考えられる。一方、その周辺に位置する、より穏やかな「涅槃【ねはん】」と呼ばれる変性意識状態では、アレフⅢレベルの情報経路が強化され、「創造性」や「悟り」といった精神機能が賦活されるのかもしれない。

以上が意味の理解をもとに記憶と記憶を結び付け、より高度に抽象化された観念への紡ぎ上げを行なう「観念連合」という人間精神の高次機能の説明である。またこのことは、情報エントロピーの逡減【ていげん】に主眼を置いたソフトウェア的側面での自己組織化のメカニズムの説明と言い換えることもできる。

一方、ハードウェア的側面での自己組織化は、そうして得られた結果のト

アップダウンの表出であると言えよう。ニューラルネットの自己組織化においては、ゲーデル命題を決定に導く解が得られたときに、再帰的ニューロン結合を循環している信号は、コラムの共振要素によってアドレスされた精神波の経路を通して分岐する。一度このブレイクスルーが起きると、同じ経路に侵入した信号は次からは精神波を媒体とする経路を通して流れ、その経路である形態形成場のベクトルポテンシャルに複素線形的強化を与える。この情報は脳辺縁系にも送られ、扁桃体からの重み付けに従って、海馬の反響回路によって繰り返しトレースされ、同様のメカニズムで形態形成場のベクトルポテンシャルに複素線形的強化を与える。

すでに解明された海馬の特性から、海馬が重要度に応じて記憶を取捨選択していることが知られている。記憶の重要度の指標、それはベクトルポテンシャルの重複度ではなく、読み出しモードでのパルス頻度、すなわち単位時間当たりの重力子の放出頻度である。重複度はそれを生じさせる必要条件ではあるが十分条件ではない。扁桃体からの重み付けが大きい情報や、最適化が未分化な目新しい情報、ゲーデル命題の解となる再帰的ループからの分岐情報は、この値が大きいのである。すなわち二次加工された記憶（長期記憶）の本質は、重力子（南部ゴールドストーン量子）の放出の痕跡であり、新たな量子エンタングルメント生成の痕跡であると言えよう。

記憶の書き込みモードでの重み付けが「ベクトルポテンシャルの大きさ」であるのに対し、読み出しモードでは「重力子の放出頻度」となっている点に特に注意を要する。数値表現としては重み付けが「絶対値」を、スピンの情報ビットが「符号」を意味している。

海馬の歯状回はミエリン鞘を欠くことによる高度なシナプス可塑性によって加工すべき情報を再現し、反響回路で繰り返しトレースすることで、レミニセンス現象を伴うふり分けを行なうと共に、脳内の目的となる箇所に発芽の指令を出しているものと思われる。

すなわちベクトルポテンシャルの複素線形的加算によって自己組織化の過程が発動し、その形態形成場の情報を頼りにニューロンの軸索伸長から標的ニューロンへのシナプス形成が行なわれる。この作業は生命体に固有の分子化学的反応のプロセスを統御するOSが、情報処理システムの内部構造として形態形成場に精神波の形式でストックされていることによりサポートされている。

かくして処理の過程はハードウェア化され自動化されるために、以降は自意識を創出しない刺激 - 反応のプロセスが可能となる。

処理過程の自動化は、情報量の少ない曖昧な状況下で迅速に意思決定を迫られるようなケースで威力を発揮する。波形の欠損部分の情報の補完として、

経験に照らし合わせて最も確からしい処理ルーチンが自動的に呼び出されるため、ある程度の不正確さを許容した上で、環境に適応的なプログラムが迅速に構成されるからである。

なおニューラルネット及び精神波ネットの自己組織化には外部環境からの刺激入力が必要不可欠であるが、このことは様々なバリエーションのゲーデル命題をタスクとして受け取り処理してゆくことにより新たな処理ルーチンを獲得することを意味している。

以上が、問題解決のためのプログラムをソフトウェア的に獲得しつつ、ハードウェア化してゆくニューラルネットの自己組織化の全貌である。

*

私は明け方までかかって、論文の下書きをテキスト画面に殴り書きし、必要となる理論式のすべてを導出した。

その計算の過程で私はとても重大な発見を遂げた。アレフⅢの階梯でのゲーデル命題がアレフⅣの階梯からの写像によって決定されるのではなく、アレフⅡ - Ⅲ連続体境界面で発生する情報エントロピーの減少によって決定されることの数学的裏付けを得たことだ。そのプロセスは閉じたエントロピー・サイクルとはならず、エントロピーの減少方向に、スパイラル状に開いたエントロピー・サイクルとなる。

未来の予測をもとに現在の意味決定を行なうメカニズムは、時間的に振じれたフィードバックであり、論理的矛盾のない擬似的タイムパラドックスである。この機構を前提とした「ヘッジファンドの原理」による情報エントロピーの減少が、アレフⅢレベルでのゲーデル命題を漸近的に決定に導くのである。

すなわち「法則と初期条件が決まれば、あとはすべての状態が決定する」という決定論に帰結されるのではなく、「法則によって未来の状態を近似的に予測し得るが、法則そのものが実時間の経過と共に変化してゆき、どのように変化するのかは不定である」というのが、精神現象や生命現象を含めた宇宙の非決定性の本質だったのだ。

私が発見した「ヘッジファンドの原理」は定理ではなく、ZFC公理系に新たに付け加えられるべき「第10番目の公理」だったのだ。

それは「ゲーデルの完全性定理」への復帰であり、アレフⅣの階梯が物理的意味を持たない、という限定的意味での「一般連続体定理」の証明を意味するものだった。量子的宇宙の構造は無限階梯からなる上方向に開いた発散する宇宙ではなく、内部的にエントロピーを減少させエネルギーを湧き立たせてゆく、閉じた完全性を持つ熱的に非平衡な宇宙だったのだ。

そのことはまた、宇宙にとっての生命の存在意義を私たち人間に問い直す

機会を提供している。すなわち生命活動・精神活動の結果、確実に生命場の情報エントロピーは減少しているのである。それは次の宇宙の誕生に必要なアレフⅢレベルの高次情報エントロピーの減少をもたらすだろう。より組織化され高度な精神活動を行なう生命体であればあるほど、そのことに寄与する貢献度は高いと思われる。そこに進化の持つ意義を私は見出すのだった。

*

ああ！ 朝日が昇る。レース越しにエレガントな緑のシルエットが霞んで見える。世界は黎明の時を迎え、森羅万象は光の世界へと立ち返ってゆく。窓の外では小鳥たちが歌を歌い、神の子であるこの小さき私を祝福した。

私は窓を開け、外の世界を眺めた。

ゴードン邸の自室の窓からは、朝靄に煙るローレンスの田園風景が一望できた。濃厚な大気の中で息づく緑の生命〔いのち〕。それは私にとって見慣れた風景だったが、いつにも増して世界は輝いて見えた。朝日の中で生命が輝いていた。



トップニュース

投稿者：タマ 投稿日：2006 年 11 月 18 日(土)18 時 17 分 2 秒

来た！ 来た！ 来たー！！ 超常現象の物理的メカニズムを解明したSF小説がついに発表された。

題名は「神秘体験」（弓月城太郎・作）

前評判どおり内容は凄い。

作家の若桜木虔（東大大学院博士課程・生物遺伝学専攻）が非常に面白いと絶賛していた。

超常現象は精神現象の延長線上にある現象で、同じ物理的メカニズムで説明できるんだって。

ペンローズの量子脳理論を2、3歩前進させたくらいのレベルで話が展開されていて、

記憶のデータ構造、思考、直観力、創造性、自由意志、ニューラルネットの自己組織化から死後の世界、超常現象、神秘体験まで全部説明してしまうというのだから驚き！

作品のダウンロードはこちらから→<http://www.e-bookland.net/>



意識とは

投稿者：[植野](#) 投稿日：2006 年 9 月 22 日(金)14 時 31 分 52 秒

意識とは、生体を構成する細胞が、生きるために統一した行動を行う時に生じます。そして、睡眠時では細胞個々が個々バラバラな行動をとるため意識は失われます。これを例えると、一個の鉄釘は磁力が生じないが、これが睡眠時に相当します。しかし、鉄釘に磁石を近づけると、鉄釘の磁力が同じ方向を向くために、磁力が発生します。これが、意識の生じる原因となります。

- 「ゲージ (gauge)」とは、[日本語](#)では「[物差し](#)」のことである。「ゲージ原理」とは、時空の各点ごとに物差しの向きをかえて理論を記述しても[運動方程式](#)が変わらないという要求であり、それを満たす理論全般をゲージ理論と呼ぶ。
- **ゲージ不変性** [\[編集\]](#)
- 場の理論を考える際、たとえば[電子](#)の場を考えるならば、その[スピ](#)
[ン](#)がどちらを向いているかを指定するために、まずどちらが x, y, z
[軸](#)であるかを指定する必要がある、その上でスピンの x, y, z 成分を記述する。また、電子の場は[複素数](#)で記述するため、どちらが実軸でどちらが虚軸であるかを指定し、その上で場の実部虚部を指定することになる。このように、まず「ゲージ(物差し)を指定し」、そ

の上で「値を指定する」。ゲージを取り換えると、スピンの成分は見かけ上変化するが、物理的実体としてのスピンは変わらないと思われる。理論が実際その条件を満たしている場合理論はゲージ不変だと言う。

- ゲージ不変性は、大局的ゲージ不変性と局所的ゲージ不変性にわけられる。大局的ゲージ不変性とは、[時空](#)のすべての点で一斉にゲージを取り換えても物理が不変であるという要求で、最近の用法では単にこれは[対称性](#)と呼ばれる。
- 局所的ゲージ不変性とは、時空の各点で勝手にゲージを取り換えても物理が不変であるという要求で、近年はこれを単にゲージ不変性と呼ぶことが多い。以下ではゲージ不変、ゲージ変換をこの意味で使う。

• ゲージ場 [\[編集\]](#)

- 電子の場の理論を考えよう。どちらが実軸でどちらが虚軸であるかをとりかえることは、[絶対値](#)が [1](#) の複素数をかけて位相をかえることに相当する。これを $U(1)$ 変換という。電子の場だけの理論をみると、時空によらない絶対値 1 の複素数を場にかけても理論は

変化しない。すなわち $U(1)$ 変換のもとで理論は大局的ゲージ不変である。

- しかし、時空に依存する絶対値 1 の複素数をかけてみると、時空に対する微分があるせいでそのままでは理論は不変でない。すなわち局所的ゲージ不変ではない。しかし、ゲージ場を導入してその不変でない部分を吸収することができる。ゲージ場は、微小に離れた 2 点での物差し、ゲージを比較できるようにする働きがあり、それによって理論が局所的ゲージ不変になる。この $U(1)$ ゲージ場を詳しく調べると、[電磁場](#)と同一視できることがわかる。
- [クォーク](#)の場合は三つの成分を持つので、 3×3 行列を掛けることに對して大局的にゲージ不変である。これは $SU(3)$ 変換と呼ばれる。これを局所的にゲージ不変にすることに伴うゲージ場が[グルーオン](#)であり、[強い力](#)を記述する。このゲージ理論が[量子色力学](#)で、非可換ゲージ理論の典型例である。非可換ゲージ理論は初め[ヤンとミルズ](#)により強い相互作用の理論として提唱されたが、そのときの形式は現代の量子色力学とはやや異なる。
- また、[中性子](#)の[ベータ崩壊](#)などを司る[弱い力](#)も、 2×2 行列を掛ける $SU(2)$ 変換に伴うゲージ理論を含み、電磁場のゲージ理論と統

合されるゲージ理論であることが知られている。歴史的には[トフ](#)
[フ](#)が電磁相互作用と弱い相互作用の統合が繰り込み可能なゲ
ージ理論として可能であることを示したことによりゲージ理論の重要
性が認識された。

- スピンをはかる x, y, z 軸の向きをどちらにとってもよいということ
は[特殊相対性原理](#)そのものであるが、各点で時空の軸の向きを取
り換えてよいと要求しようとする、すなわち[一般相対性原理](#)を要求
すると、その対称性にともなうゲージ場が必要になる。それが[重力](#)
[場](#)であると初めて指摘したのが[内山龍雄](#)である。
- 結局、自然界に存在する[四つの基本的な力](#)はすべてゲージ場で
あるということが知られており、ゲージ原理は[素粒子物理](#)の基礎と
なっている。
- **ゲージ場の歴史的起源** [\[編集\]](#)
- [1915 年](#)に発表された[アインシュタイン](#)の[一般相対性理論](#)が[重力](#)の
理論として大成功を収めると、[電磁気力](#)をも、それと同様の考え方
で、時空(宇宙)の[幾何学](#)的属性を用いて表現しようという試みが、
アインシュタイン自身を含め[理論物理学](#)者や[数学者](#)の間で大きな
課題になった。現在の[統一理論](#)の先駆的な試みである。そのひと

つが [1918 年](#) に発表された [H.ワイル](#) のゲージ理論である。彼は各点で物差しの長さを変えても理論が変わらないことを要求して、電磁場を導出することを試みたが、実験とあわなかった。

- しかし、量子力学以後、[波動関数](#) の位相のどこを 0 度とするかというゲージに理論がよらないことを要求することが電磁場にほかならないことが理解され、以後一般にゲージという言葉が使われている。

万有引力の法則との関係 [【編集】](#)

アインシュタイン方程式は微分方程式として与えられているため局所的な理論ではあるが、ちょうど [電磁気学](#) における局所的な [マクスウェル方程式](#) から大域的な [クーロンの法則](#) を導くことができるように、アインシュタイン方程式は静的なニュートンの [万有引力](#) の法則を包含している。万有引力の法則との主な違いは次の 3 点である。

1. [重力](#) は瞬時に伝わるのではなく [光](#) と同じ速さで伝わる。
2. [エネルギー](#) から重力が発生する。
3. [質量](#) を持つ物体の [加速](#) 運動により [重力波](#) が放射される。

ここで、3.は[荷電粒子](#)が加速運動することにより[電磁波](#)が[放射](#)されることと類似している。これは、万有引力の法則やクーロンの法則に、運動する対象の自己の重力や[電荷](#)の効果を取り入れていることに対応している。

特殊相対性理論との関係 [編集](#)

[特殊相対性理論](#)が、“加速している場合や[重力](#)が加わった場合を含まない特殊な状態”における[時空](#)の性質を述べた法則であるのに対して、一般相対性理論は、“加速している場合や重力が加わった場合を含めた一般的な状態”における時空の性質を述べた法則であり、等速直線運動する[慣性系](#)のみしか扱えなかった特殊相対性理論を、加速度系も扱えるように拡張した理論であると言える。

[対称性](#)の視点からは、まず、特殊相対性理論は系の[ローレンツ変換](#)に対する対称性により特徴づけられ、非相対論的極限により[ニュートン力学](#)の有する[ガリレイ変換](#)が導かれる。一方、一般相対性理論は[一般座標変換](#) (diffeomorphism) に対する対称性により特徴づけられるアインシュタイン方程式を基礎方程式とする理論である。アインシュタイン方程式の有する一般座標変換に対する[共変性](#)は重力を小さくする極限のもとでロー

レンツ変換に対する共変性に帰し、一般相対性理論は特殊相対性理論を包含する。当然、古典力学も包含している。

量子力学との関係 [\[編集\]](#)

[量子論](#)は一般相対性理論と同様に物理学の基本的な理論の一つであると考えられている。しかし、一般相対性理論と量子論を整合させた理論（[量子重力理論](#)）はいまだに完成していない。現在、人類の知っているあらゆる物理法則は全て[場の量子論](#)と一般相対性理論という二つの理論から導くことができる。そのため、その二つを導くことのできる量子重力理論は[万物の理論](#)とも呼ばれている。

量子重力理論は、高エネルギーでかつ時空が大きく曲がっている系を適切に記述できるため、場の量子論と一般相対性理論では適切に議論することのできない宇宙創世初期の状態についても予測できると考えられる。

量子重力理論の有力な候補としては、[超弦理論](#)がある。

曲がった時空上の場の理論（Quantum field theory in curved spacetime） [\[編集\]](#)

一般に[場の量子論](#)においては平坦なミンコフスキー時空における粒子を扱うが、重力の効果を近似的（半古典的）に背景時空（曲がった時空）と

して導入することにより場の量子論に曲がった時空の効果を近似的に取り入れたものである。

重力子の影響を背景時空として近似しているため、強い重力場のもとでは時空を完全に量子化したような[量子重力理論](#)に修正されるべきである。欠点としては、時空が静的なものであるため完全には相対論的ではない。

[ホーキング放射](#)はこの理論のもとで予測された。

重力の繰り込み不可能性 [\[編集\]](#)

詳しくは、[量子重力理論](#)を参照。

一般相対性理論の内容 [\[編集\]](#)

基礎とする原理 [\[編集\]](#)

一般相対性理論は、次の原理を出発点にする。

- [一般相対性原理](#) (general principle of relativity)：物理法則は、すべての観測者（加速系にいるいないを問わず）にとって同じでなければならない。

- 一般共変性原理 (principle of general covariance) : 物理法則は、すべての座標系において同じ形式でなければならない。(最終的に成立する物理法則はテンソル形式と共変微分で書かれていなければならない)
- 「慣性系での自由粒子運動は測地線である (inertial motion is geodesic motion)」という原理 : 物理的な力を受けない粒子の描く世界線 (world line) は、時空の時間的 (timelike) または光的 (null) 測地線である。
- 局所的ローレンツ共変性原理 (local Lorentz invariance) : 特殊相対性理論の法則は、すべての慣性系の観測者に適用される。
- 時空は曲がっている (歪んでいる) : (重力の発生原因として考える)
- 時空の曲率は物質に起因する : (アインシュタイン方程式として結びついた)

一般相対性理論成立の歴史上、等価原理 (equivalence principle) はスタートポイントとして考えられたが、以上の原理を満たして構築された一

一般相対性理論から見直すと、一般相対性原理と運動の測地線原理の 2 つより帰結されるものである。

使用しているリーマン幾何学の特徴 [\[編集\]](#)

一般相対性理論は、時空を 4 次元の [リーマン空間](#) ([Riemannian manifold](#)) として扱う。通常、数学でリーマン空間というと [ユークリッド空間](#) をパッチワークのように張り合わせたものを指し、2 点間の距離が非負の正定値 [計量](#) と呼ばれる空間である。それに対して、一般相対性理論が扱うのは、時間と空間の意味をもつ座標を含む [ミンコフスキー空間](#) を張り合わせたものであり、2 点間の距離が虚数になり得る不定計量の空間である。このため、[擬リーマン空間](#) ([pseudo-Riemannian manifold](#)) とも呼ばれる。

パッチワークの張り合わせの方法は [リーマン接続](#) と呼ばれ、通常の数学でいうリーマン空間と一般相対性理論の擬リーマン空間は同じリーマン接続を使用する。リーマン空間には、次の特徴がある。

1. 距離が方向によらない。つまり、計量は座標のみの関数で、座標の微分には依存しない。
2. 曲率はゼロではないが、ねじれ（捩率）がゼロである。

[時空](#)のダイナミクスを扱うときに変数となるのは、時空の[計量テンソル](#)

([metric tensor](#)) である。計量テンソルとは、時空の2点間の距離を表すときの各座標の重みに相当する量である。例えば、最も簡単な、平坦な時空([ミンコフスキー時空](#))での距離表現を座標 (t, x, y, z) を使って表すならば、時間方向を負、空間方向を正とする符号系を採用すると、

$$ds^2 = -dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$$

となる。これを[ミンコフスキー計量](#) (metric) といい、計量テンソル $g_{\mu\nu}$ は、各座標成分の係数から、

$$g_{tt} = -1, g_{xx} = g_{yy} = g_{zz} = 1$$

行列形式で描けば、

$$\eta = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

となる。なお、ミンコフスキー計量は、文字 η が使われることが多い。

曲がった空間を表現するときは、計量テンソル $g_{\mu\nu}$ は、時間と空間の関数となる。以後、添字の μ と ν は、時間と空間座標を表すもので、例え

ば、 $\mu = 0$ (時間), $1, 2, 3$ (空間) 成分を動くものとする。また、計量の表現も一般化し、

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$$

のように表す。ここで、上下に現れる同じ添字については常に和をとる、というアインシュタインの和のルールを用いている。

計量テンソルは、時空の曲率を決定する。リーマン幾何学の基本定理によれば、ローレンツ多様体 (すなわち、捩率 (torsion) のない計量空間) で

は、レヴィ・チビタ接続 (Levi-Civita connection) と呼ばれる 接続

(connection) ∇ が一意に決まる。レヴィ・チビタ接続は、クリストッフェル

記号 (Christoffel symbols) と呼ばれる量を一意に決める。クリストッフェル

記号は、計量の偏微分の組み合わせで表現すると次のようになる。

$$\Gamma^\lambda_{\mu\nu} = \frac{1}{2} g^{\lambda\rho} \left(\frac{\partial g_{\rho\mu}}{\partial x^\nu} + \frac{\partial g_{\rho\nu}}{\partial x^\mu} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^\rho} \right)$$

ここで、 x^μ は局所座標であり、添字の上下は、計量テンソル (共変テンソル) $g_{\mu\nu}$ とその反変テンソル $g^{\mu\nu}$ を用いる。

[擬リーマン空間](#)における[測地線](#) (geodesic) は、通常の計量空間における定義と同様に、2点間の長さを最小にする曲線として定義される。曲線の長さは、

$$l(\gamma) = \int_{\gamma} \sqrt{\pm g_{\mu\nu} dx^{\mu} dx^{\nu}} = \int_{\gamma} \sqrt{\pm g_{\mu\nu} \frac{dx^{\mu}}{dt} \frac{dx^{\nu}}{dt}} dt$$

で与えられる。ここでの積分は、曲線 $\gamma(t)$ に沿うものとする。ルート内の符号の+は空間的な曲線に対して、負の符号は時間的な曲線に対して適用し、いずれの場合も長さが実数になるようにする。

この長さの極値をもたらす条件を導出すると、測地線の方程式が得られる。局所座標で表現すると、方程式は、

$$\frac{d^2 x^{\mu}}{dt^2} + \Gamma^{\mu}_{\nu\rho} \frac{dx^{\nu}}{dt} \frac{dx^{\rho}}{dt} = 0$$

となる。ここで、 $x^{\mu}(t)$ は、曲線 $\gamma(t)$ の座標であり、 $\Gamma^{\mu}_{\nu\rho}$ は先に登場した[クリストッフェル記号](#)である。座標の常微分方程式として得られるこの式は、初期値と初速度を与えれば解を一意に決定する。この式は、曲がった時空における光・粒子の運動方程式である。

リーマンテンソル、アインシュタイン・テンソル [\[編集\]](#)

時空の曲率は、レヴィ・チビタ接続 ∇ が定義する[リーマン曲率テンソル](#) (Riemann tensor) $R^\rho{}_{\sigma\mu\nu}$ で表現される。局所座標表現では、次のように書ける。

$$R^\rho{}_{\sigma\mu\nu} = \frac{\partial}{\partial x^\mu} \Gamma^\rho{}_{\nu\sigma} - \frac{\partial}{\partial x^\nu} \Gamma^\rho{}_{\mu\sigma} + \Gamma^\rho{}_{\mu\lambda} \Gamma^\lambda{}_{\nu\sigma} - \Gamma^\rho{}_{\nu\lambda} \Gamma^\lambda{}_{\mu\sigma}$$

物理的には、このリーマン曲率テンソルから、2成分を縮約した[リッチテンソル](#) (Ricci tensor) $R_{\mu\nu}$ と、さらに添字を縮約したリッチ[スカラー曲率](#) (Ricci scalar) R

$$\begin{aligned} R_{\mu\nu} &= R^\rho{}_{\mu\rho\nu} \\ R &= g^{\mu\nu} R_{\mu\nu} \end{aligned}$$

を考えればよく、さらにその組み合わせである、

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu}$$

が物質分布で定まることをアインシュタインが見いだした。この最後の組み合わせ $G_{\mu\nu}$ をアインシュタイン・テンソル (Einstein tensor)と呼ぶ。

一般相対性理論の基本方程式は、

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$

と表され、[アインシュタイン方程式](#)と呼ばれる。ここで $G_{\mu\nu}$ はアインシュタインテンソル、 $g_{\mu\nu}$ は計量テンソル、 Λ は宇宙項、 $T_{\mu\nu}$ は[エネルギー・運動量テンソル](#)である。非相対論的極限でニュートンの重力理論に収束することから、右辺の比例係数 κ ([アインシュタインの定数](#))は、

$$\kappa = \frac{8\pi G}{c^4}$$

となる。 G は[万有引力定数](#)、 c は[光速](#)である。4次元空間を考えれば、テンソルは対称なので、アインシュタイン方程式は、10本の方程式からなる。

アインシュタイン方程式の左辺は時空の曲率を表し、右辺は物質分布を表す。右辺の物質分布の項により時空が曲率を持ち、その曲率の影響で次の瞬間の物質分布が定まる、という構造である。真空の時空であれば、右辺をゼロとすればよい。例えば、重力以外の力を考えないと、次のようになる。

右辺のエネルギー運動量テンソルが増加の場合(アインシュタインの特殊相対論によるとエネルギーと質量は等価であるから、エネルギー運動量テンソルの増加は質量の増加を意味する)、左辺も増加しなければならない。これは時空の曲率が増加することを意味する。アインシュタインの解釈によると重力とは時空の湾曲によるものであったから、曲率の増加は重力の増大を表す。右辺のエネルギー運動量テンソルの増大は質量が増大する事を表し、この方程式によると、それは左辺の時空の曲率、つまり重力がさらに増大することを意味する。

すなわち、重力は非線形で、重力自身は自己増大してゆく。通常の[恒星](#)のモデルでは、[核融合](#)による、生じる[光](#)([電磁波](#))の輻射圧とガスによる圧力が、重力と釣り合うように恒星の半径が決まる。星が燃え尽きて支える力がなくなると、[重力崩壊](#)し、[電子](#)の[縮退圧](#)で支えられる[白色矮星](#)か、[中性子](#)の[縮退圧](#)で支えられる[中性子星](#)、あるいは、[ブラックホール](#)になることが予測される。

アインシュタイン方程式の数学的な特徴は、次のような点にある。

- [座標変換](#)に対し、[共変的](#)であるので、「時間座標 1 + 空間座標 3」のみではなく、「光の進行方向 2 + 空間座標 2」といった分解表現も可能である。
- 非線形の 2 階の[偏微分方程式](#) ([楕円型偏微分方程式](#)および[双曲型偏微分方程式](#)) である。
- 時空構造を論じていながら、時空全体の[大域的構造](#)や[トポロジー](#)を仮定しない。
- 得られる解には、特異点が存在する。([特異点定理](#))

アインシュタイン方程式の厳密解 [\[編集\]](#)

アインシュタイン方程式自身に何ら近似することなく得られる解析解のことを厳密解という。良く知られている厳密解に、次のものがある。

- [シュヴァルツシルト解](#) - [カール・シュヴァルツシルト](#)、1916 年、真空中で球対称を仮定した解で、ブラックホールを表す最も単純な解。
- [カー解](#) - [ロイ・カー](#)、1962 年、真空中で軸対称時空を仮定した解で、回転するブラックホールを表す最も単純な解。

- [ドジッター解](#) - [ウィレム・ド・ジッター](#)、1917 年、真空で宇宙項がある場合の膨張宇宙解。[ド・ジッター宇宙](#)を表す。
- [フリードマン・ロバートソン・ウォーカー解](#) - [アレクサンドル・フリードマン](#)、[ハワード・ロバートソン](#)、[アーサー・ウォーカー](#)、1922 年、時空の球対称性を仮定し、物質分布を一様等方な流体近似した解で、ビッグバン膨張宇宙を表す解。

現在でも、新しい解(解析解)を発見すれば、発見者の名前がつく。ただし、同じ物理的な時空であっても、異なる座標表現を用いて、異なる解のように表現されることがあるので、注意することが必要である。

一般相対性理論の応用 [\[編集\]](#)

GPS [\[編集\]](#)

自動車などの位置をリアルタイムに測定表示する[カーナビゲーションシステム](#)は[グローバル・ポジショニング・システム](#)(GPS)を利用しており、[GPS 衛星](#)から発振される時計信号の正確さに依存している。

GPS 衛星からの信号を受信する装置では、さまざまな要因による補正を行うが、その中には、高速で運動する GPS 衛星の運動による発振信号

の時間の遅れ(特殊相対論効果)と、地球の重力場による地上の時間の遅れ＝衛星の時間の進み(一般相対論効果)が含まれる。

GPS 衛星の速度は秒速約 4km と高速であるため、特殊相対論によって時間の進み方が遅くなる。一方、衛星の高度は約 2 万 km で地球の重力場の影響が小さいことから、一般相対論によって地上よりも時間の進み方が速くなる。このように特殊相対論と一般相対論で互いに逆の効果をもたらすことになる。

これらの誤差はいずれも 100 億分の 1 のオーダーであり、結果的に衛星の時計の進み方のほうが 1 日あたり約 0.00004 秒だけ速くなる。仮にこれを考慮せずに運用したとすると、位置情報は 1 日ごとに 12km(光が 0.00004 秒に進む距離)ずつ誤差が増加してゆき、すぐに使い物にならなくなってしまう。このため、GPS 衛星の時計は、地上の時計の遅れを補正するためにわざと遅く進むように設計されている。

逆に言えば、一般/特殊相対論が知られていない状態でロケット技術が発達して GPS 衛星が打ち上げられた世界を想定すると、その測定結果から相対論を発見する手がかりが見つかるということになったかも知れない。

