

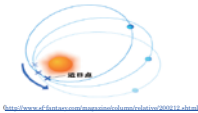
# 重力理論の進展・タイムトラベル

情報ゼミ生（3年次）レポート課題発表

## 重力理論の進展

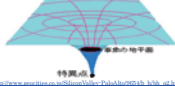
松本勇輝

### 水星の近日点移動



- 水星の近日点（太陽に最も近づく点）が一周ごとにずれいく現象
- 観測結果と万有引力の法則では100年間で43秒角のずれが生じる。このずれは万有引力の法則では説明できない。その後、アインシュタインが導入した一般相対性理論では、太陽の質量により空間が歪んだ結果であると説明される。→万有引力の法則から一般相対性理論へ発展

### ブラックホールの特異点問題



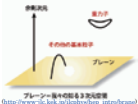
- ブラックホールは非常に重力が強く、光さえも脱出できない天体である。
- ドイツの数学者シュバルツシルトが一般相対性理論から「シュバルツシルトの解」と呼ばれる式を導き、ブラックホールの存在を予言した。
- ブラックホールの中心である特異点では、物理法則が成り立たない。この特異点の問題を解決するために、一般相対性理論と素粒子物理学を融合する試みが行われている。→一般相対性理論から超ひも理論へ発展

### 超ひも理論とは

- 物質の基本単位を粒子ではなく、「ひも」と考える理論
- 10次元時空を考え、私たちが知る4次元時空以外の6次元空間は、カラビ=ヤウ空間と呼ばれる空間に丸め込まれている。
- 「ひも」は「閉じたひも」と「開いたひも」の2種類が存在する。また、「ひも」の長さは極めて短く、「ひも」の振動によって、様々な素粒子を表現できる。
- 四つの力（重力、電磁気力、弱い力、強い力）の統一の実現に最も近い理論とされており、超ひも理論の発展は階層性問題（重力が桁違いに弱い問題）を解決できるとされている。

### ブレーンワールド

- 超ひも理論にブレーンを組み込んだ新しい仮説



- 私たちの住んでいる3次元空間のブレーンの外には、余剰次元が広がっている。別のブレーンが存在することも仮定すれば、並行宇宙が存在することにもなる。
- 開いた「ひも」はブレーンに張り付いているため、ブレーンから離れることはできない。しかし、閉じた「ひも」である重力子だけが余剰次元へ移動可能

### ワープした余剰次元モデル

- 物理学者リサ・ランドールが提唱した仮説
- 第5の次元（余剰次元）が曲がっており、5次元方向の場所によって重力の強さが異なるモデル。その結果、私たちのブレーンでは重力が弱くなるモデルが10次元を考えなくても実現できるとした。→階層性問題を説明することが可能
- 本当に重力は余剰次元に逃げているのか？  
→現在、LHC(大型ハドロン衝突型加速器)でこのことを検証する実験が行われている。超ひも理論や余剰次元の存在を検証が期待されている。

## タイムトラベル

長濱拓磨

### 未来へ行く方法①

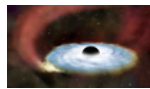


図1.ブラックホール

- 重力の強い天体のそばほど時間の流れが遅くなることを利用
- 宇宙船でブラックホールのそばを周回もしくは滞在する
- しばらくしてから帰還

### 未来へ行く方法②



図2.木星

- 木星の全物質を使用
- 木星と同じくらいの大きさの球状の殻を作り、それを直径六メートル程度にする
- その中に入る
- 強い重力を利用して未来へ
- キップ・ソーン博士が提唱

### 過去へ行く方法①

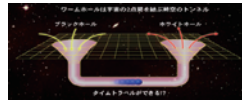


図3.ワームホールのイメージ

- 光に近い速度で進むほど時間の流れが遅くなることを利用
- 片方のワームホールを何らかの方法で光速に近い速度で動かす
- 最終的に元あったところに戻す
- または、ブラックホールのそばに持って行く

### 過去に行く方法②

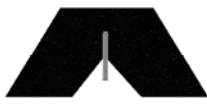


図4.宇宙ひも

- 宇宙の初期に「真空の相転移」という過程でつくられた可能性のある、ひも状のエネルギーの塊
- 真空の相転移は真空状態が変化する現象

### 過去に行く方法③

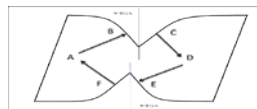


図5.2本の宇宙ひも

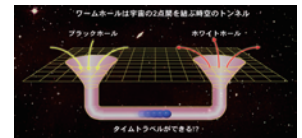
- Cから宇宙船が出てくるのは他の人の観測だと同時ではなくBに入る前に出てくるように見える
- Eから入りFから出てくる時も上記と同様
- 特殊相対性理論の効果を使う

## 可能性のあるタイムトラベル

藤本俊樹

### ワームホール理論

ワームホールとは理論的には可能な時空のある一点から別の離れた一点へと直結する空間領域のことであり、トンネルのように表現されるものが多い。これを使うと光よりも速く時空を移動できるので、時間の概念を外れることができる。



画像出典：宇宙情報センター

### ブラックホールについて

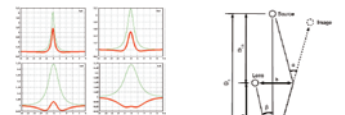
ものすごい質量を持った天体。  
→なんでも吸い込んでしまう天体。  
一般相対性理論によって導き出されたのが

## ブラックホール

### 特殊相対性理論&一般相対性理論

どのような座標系でも、自然の法則は同じ形式になる。	加速度運動している座標系でも自然の法則は同じ形式になる。
相対性原理	一般相対性原理
どのような速度の観測者から見ても、光速は変わらない	重力によって感じる「重さ」と加速度運動によって感じる「重さ（慣性力）」は同じもの
光速不変の法則	等価原理

### ワームホールの見つけ方



ブラックホールを使った重力レンズ効果により、ワームホールを探索することが可能だという論文がある。  
画像出典：論文 "F.Abe,Astrophys.J(2010)726,787"より

### エキゾチック物質の仮定

ワームホールに物質が通ると、ブラックホールに転じるという問題を解決するために考えられたのが

## エキゾチック物質

エキゾチックとは、異国の情緒や雰囲気のあるさまを意味するが、宇宙物理の世界では通常の物質からいくぶん逸脱した性質を持つ物質のことを言う。ここでは反重力物質とも、呼ばれており、要は負の質量を持つ粒子である。

エキゾチック物質を使うことで、ワームホールの形状を維持し通過することができるようになる。