

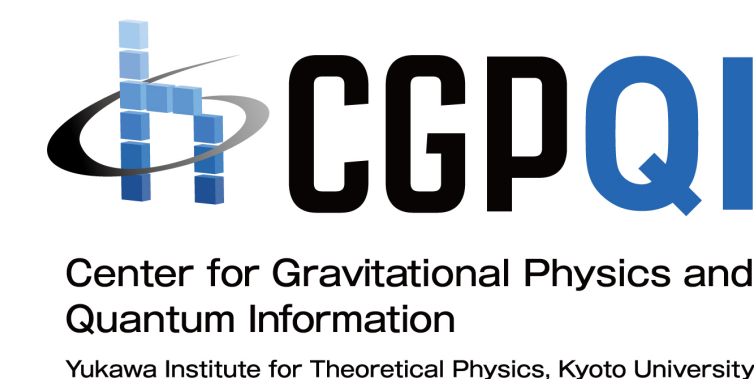
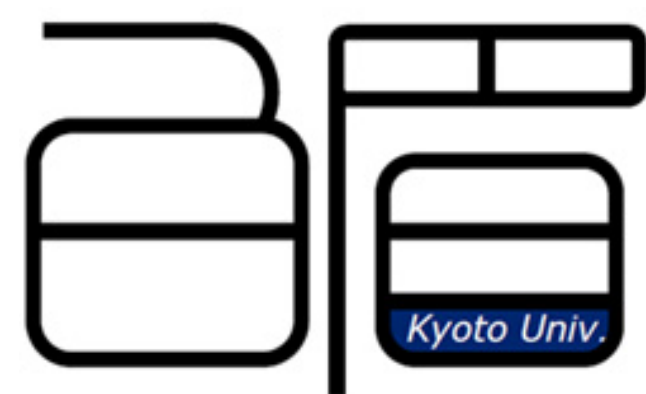
# ブラックホールの情報喪失問題と アイランド公式

宇賀神知紀

(京大白眉センター, 基研)

原子核三者夏の学校 (素粒子論パート)

2022年8月8日



# 自己紹介

---

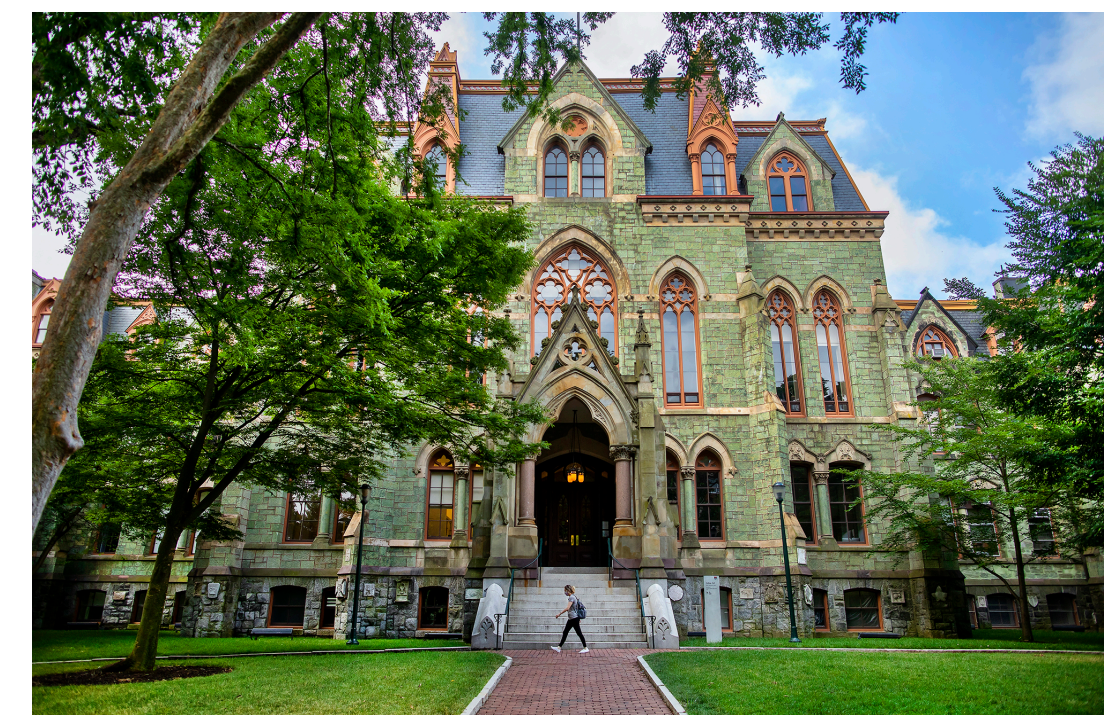
Tomonori Ugajin (宇賀神 知紀)@YITP

~ Mar. 2014: IPMU

Sep. 2014~Aug.2017: UCSB (KITP)

Sep. 2017~Aug. 2019: OIST

Sep. 2019年~Mar. 2020: Penn (It from qubit fellow )

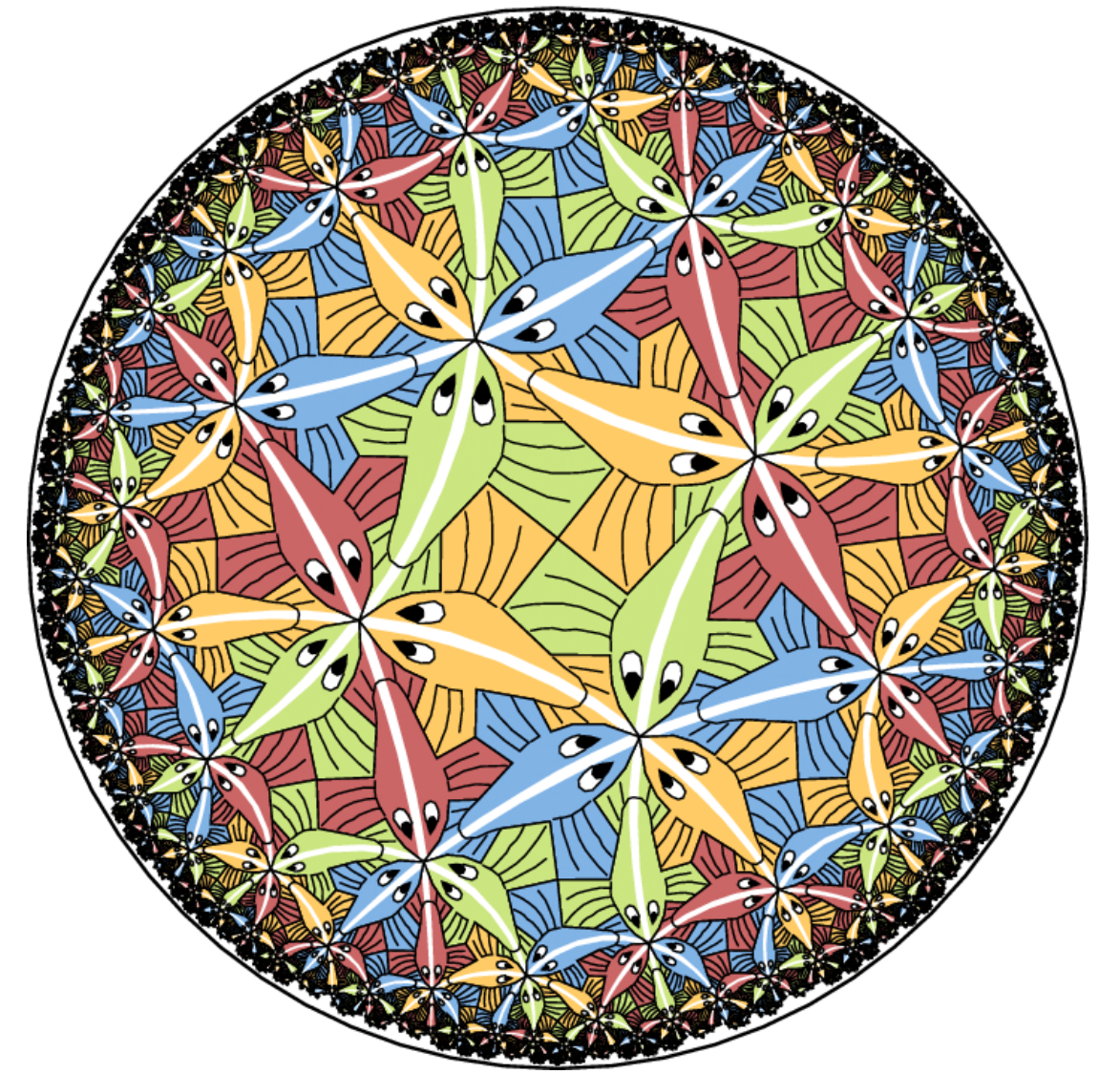


# Research interests

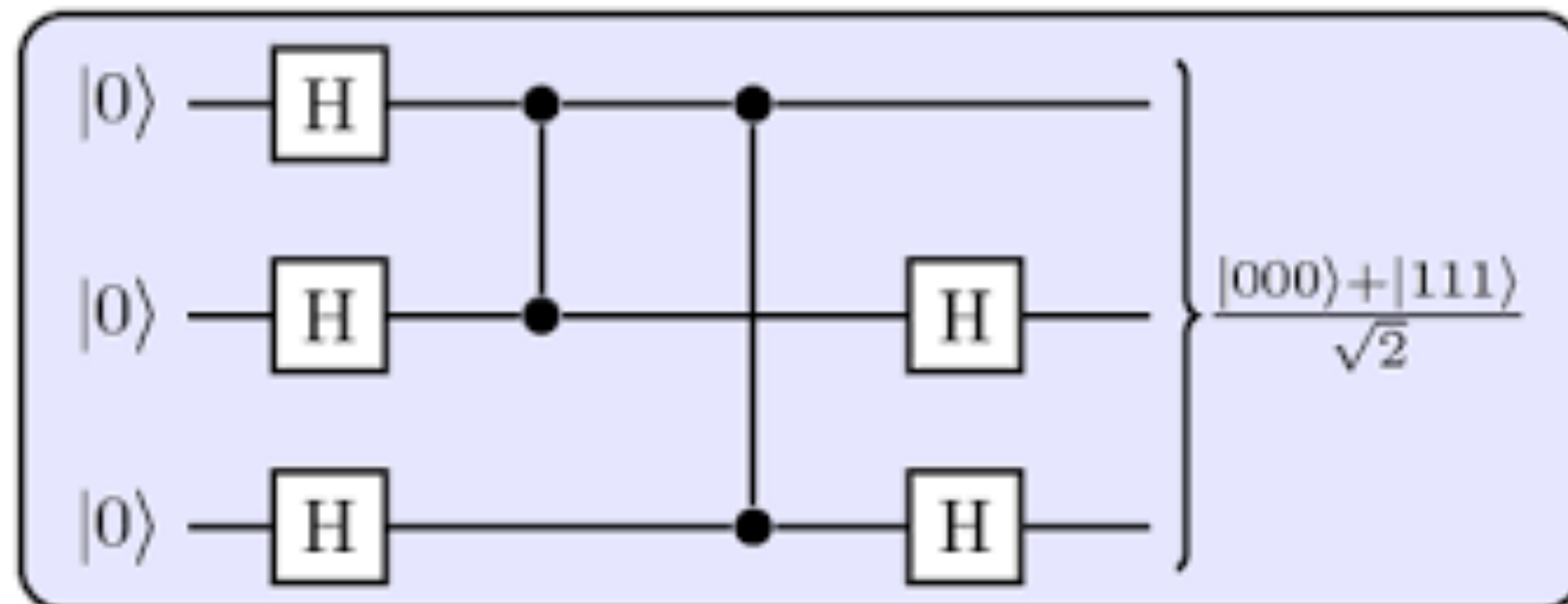
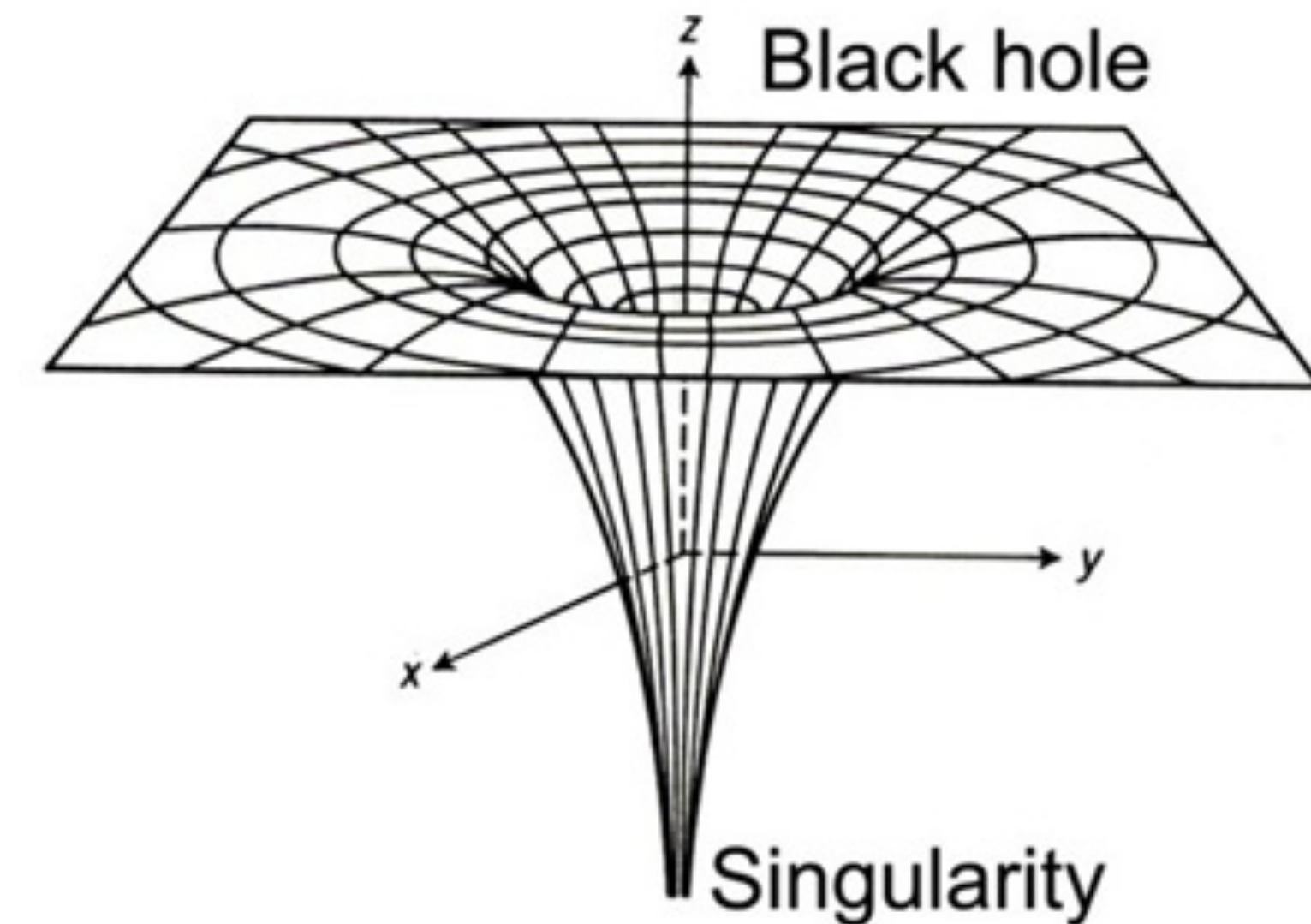
弦理論: (主に量子重力的側面)

キーワード: AdS/CFT、Black holes (ホログラフィー原理)

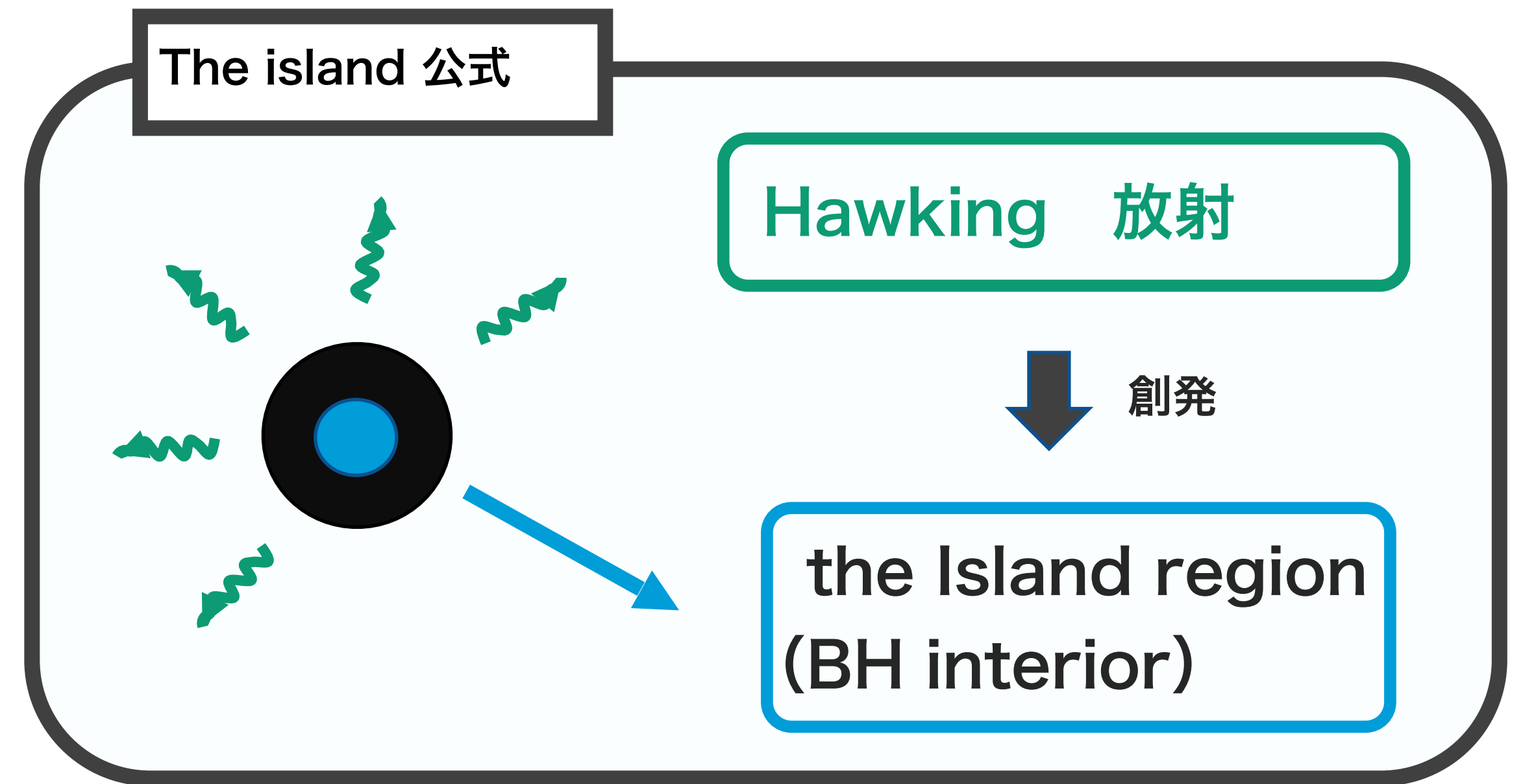
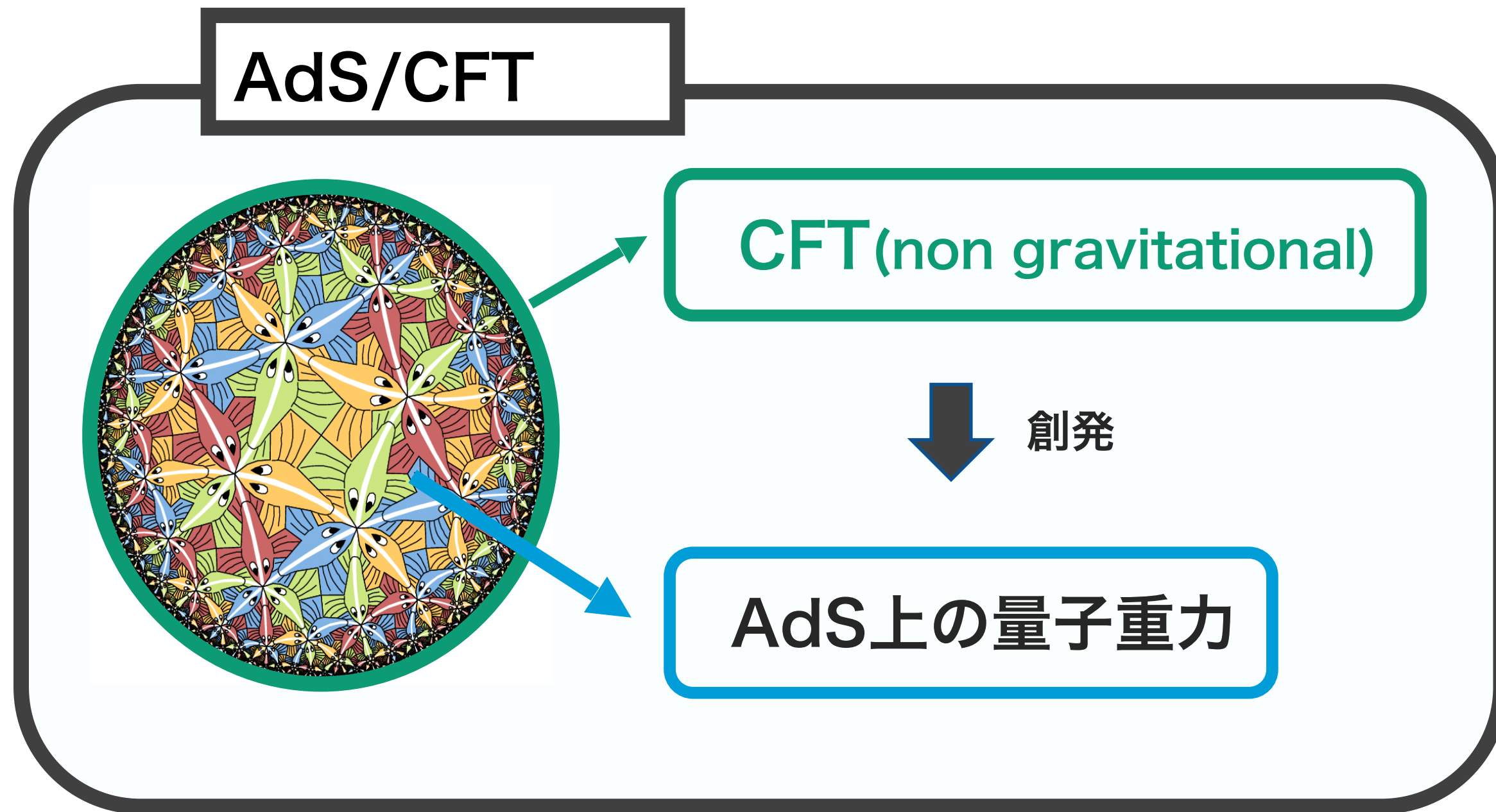
手法: 量子情報理論 (にインスパイアされた何か) (アイランド公式, 相対エントロピー)



AdS space



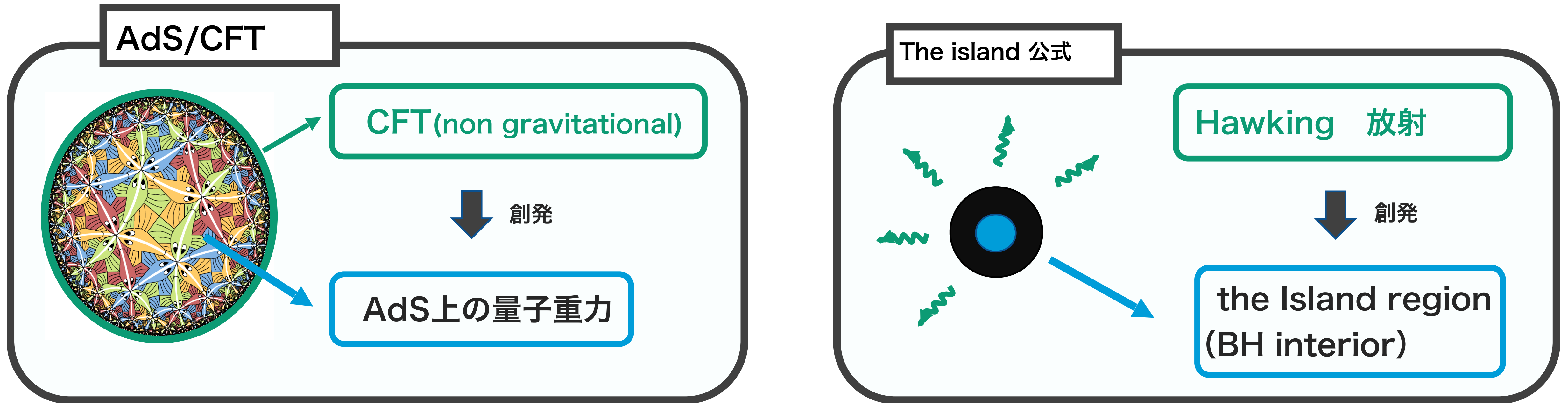
# 二つの時空の創発現象



時空の幾何学は、より基本的な要素から創発する概念？

量子相関が、この創発を理解する上で鍵になるかもしれない。

# 二つの時空の創発現象



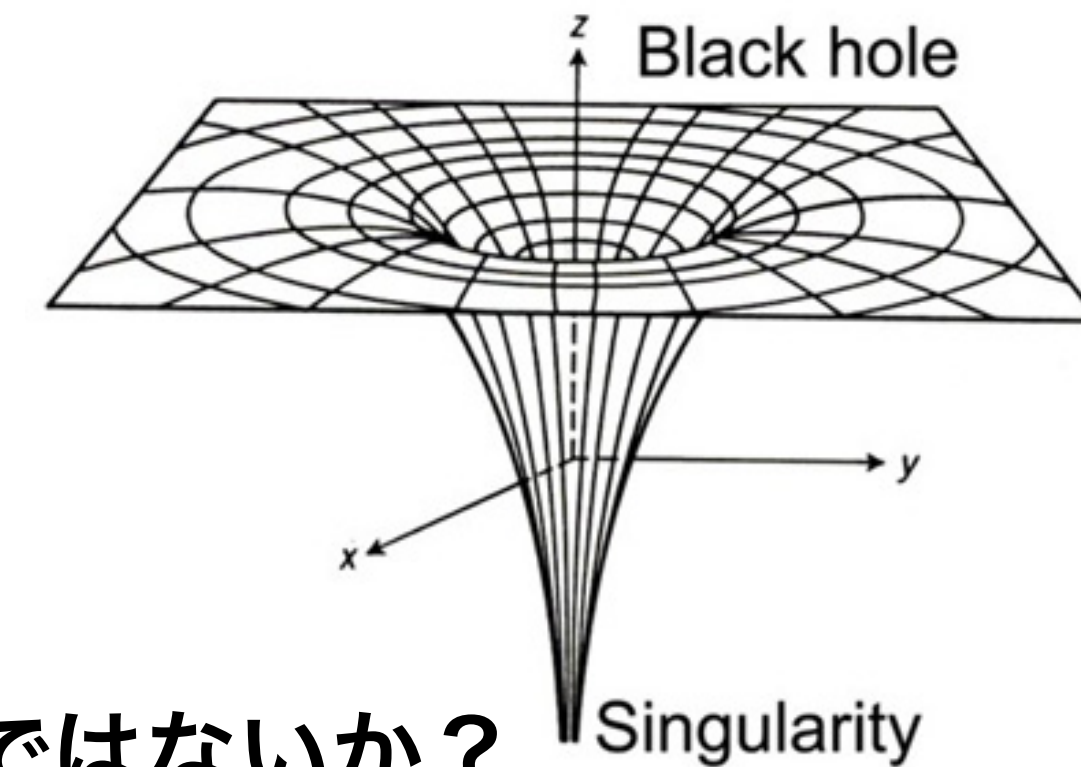
時空の幾何学は、より基本的な要素から創発する概念？

量子相関が、この創発を理解する上で鍵になるかもしれない。

この講演では、これらのトピックについて概観したい。

# 本講義で扱うトピック：ブラックホールの量子論的な性質、特に情報喪失問題

キーワード： ブラックホール熱力学、Bekenstein-Hawking entropy, Hawking 放射, ブラックホールの情報喪失問題、エンタングルメント、AdS/CFT 対応 (ホログラフィー原理)、笠高柳公式、ページ曲線、アイランド公式、レプリカワームホール、アンサンブル平均 (このほかにもブラックホール相補性、Hayden-Preskill 思考実験、スクランブリング、ファイアーウォールパラドックス、ER=EPR 対応、セントラルドグマ……)

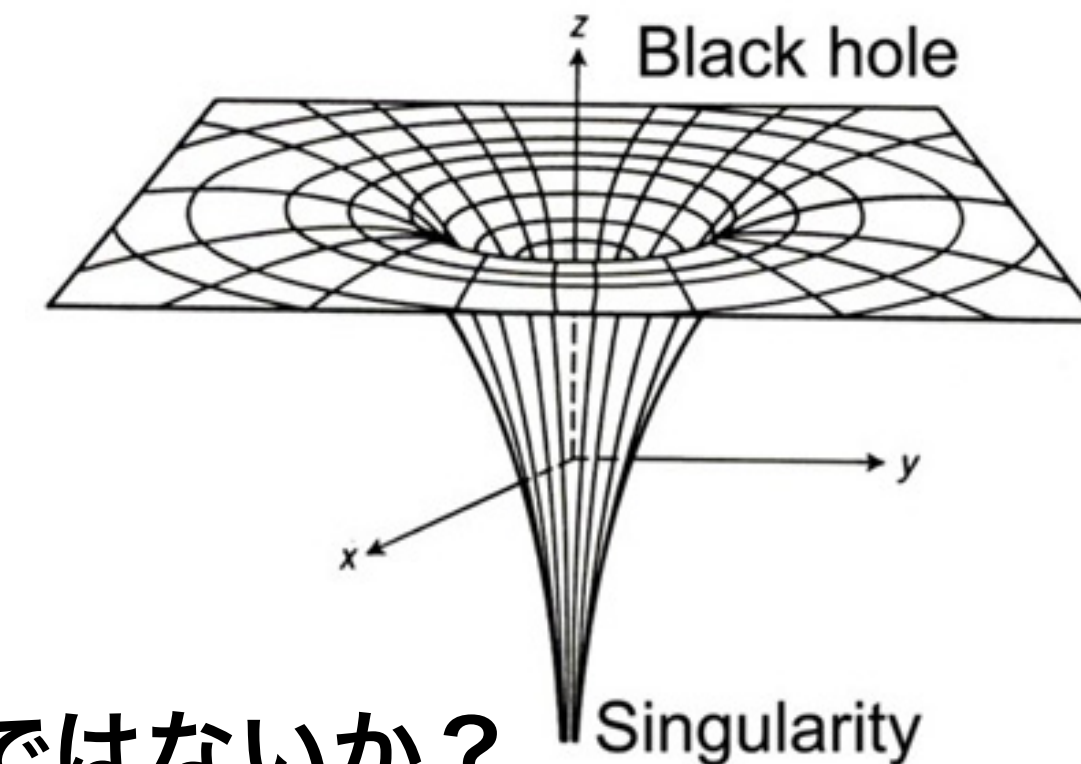


なぜ面白いのか？ → 一般相対論と量子論の両方が必要。様々な問題を抱えている。

ブラックホールの量子論的な性質をより深く理解することにより、量子重力理論に近づけるのではないか？

# 本講義で扱うトピック：ブラックホールの量子論的な性質、特に情報喪失問題

キーワード： ブラックホール熱力学、Bekenstein-Hawking entropy, Hawking 放射, ブラックホールの情報喪失問題、エンタングルメント、AdS/CFT 対応 (ホログラフィー原理)、笠高柳公式、ページ曲線、アイランド公式、レプリカワームホール、アンサンブル平均 (このほかにもブラックホール相補性、Hayden-Preskill 思考実験、スクランブリング、ファイアーウォールパラドックス、ER=EPR 対応、セントラルドグマ……)



なぜ面白いのか？ → 一般相対論と量子論の両方が必要。様々な問題を抱えている。

ブラックホールの量子論的な性質をより深く理解することにより、量子重力理論に近づけるのではないか？

最近10年間の研究：“**ブラックホール内部**は量子相関によって生成された**仮想的な空間**である”

どうやって？ → 研究の最前線: BH内部を量子コンピュータだとみなし、**量子誤り訂正**を用いる。

# 本講演の流れ

(1) ブラックホール時空の性質

(2) BH熱力学

(3) ホーキング放射、量子相関

(4) 情報喪失問題

(5) AdS/CFT対応

(6) 笠高柳公式

(7) アイランド公式, レプリカワームホール

(8) 微視的起源



**前提知識: 一般相対論の基礎, 場の量子論 (経路積分、自由スカラー場の量子化)**

**参考文献:**

**(1) Townsendの BH熱力学, Hawking 放射のレビューノート (gr-qc/9707012)**

**(2) 発見の歴史的経緯をまとめた読み物 (2102.11209)**

**(3) Harlowのレビュー (AdS/CFT, firewall paradox, RT公式) (1409.1231)**

**(4) Island 公式のレビュー 2006.06872**

**(5) ダイジェスト版; 数理科学2022年1月号**

**前提知識: 一般相対論の基礎, 場の量子論の基礎 (経路積分、自由スカラー場の量子化)**

**参考文献:**

(1) Townsendの BH熱力学, Hawking 放射のレビューノート (gr-qc/9707012)

(2) 発見の歴史的経緯をまとめた読み物 (2102.11209)

(3) Harlowのレビュー (AdS/CFT, firewall paradox, RT公式) (1409.1231)

(4) Island 公式のレビュー 2006.06872

(5) ダイジェスト版; 数理科学2022年1月号

**Disclaimer:** 計算の詳細は追えません。すいません。