

領域代表者	千葉大学・ハドロン宇宙国際研究センター・教授
	吉田 滋（よしだ しげる） 研究者番号:00272518
研究領域情報	領域番号：23A205 キーワード：マルチメッセンジャー天文学、ニュートリノ、重力波、ブラックホール、物質の起源 研究期間：2023年度～2027年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

宇宙に関する人類の理解は、17世紀初頭のガリレオ・ガリレイ以来、可視光や電波、X線などの電磁波観測によって進展してきた。その一方で、物理学の進展に伴い、電磁波は宇宙から我々に届く情報の運び手（メッセンジャー）の一部に過ぎないことが明らかになった。新たなメッセンジャーは弱い相互作用素粒子であるニュートリノと、重力による時空の振動である重力波である。宇宙線放射や物質の起源、ブラックホール形成の起源は宇宙における極限現象であるが、可視光などの電磁波はこの現場が直接出てこられない。一方で高エネルギーニュートリノは非常に高いエネルギーに加速された物質の衝突から直接生成される素粒子である。超高密度空間が高速で変動して生じる時空間の歪みが重力波である。これらは、強重力場・高エネルギー粒子衝突で、直接生成されるメッセンジャーである。この新しい観測手段と分解能に優れた従来の電磁波（電波・可視・近赤外光、X線、ガンマ線）を組み合わせ、これまで観測不可能で会った宇宙の領域で繰り広げられる極限宇宙現象を解明するのが本研究領域の使命である。

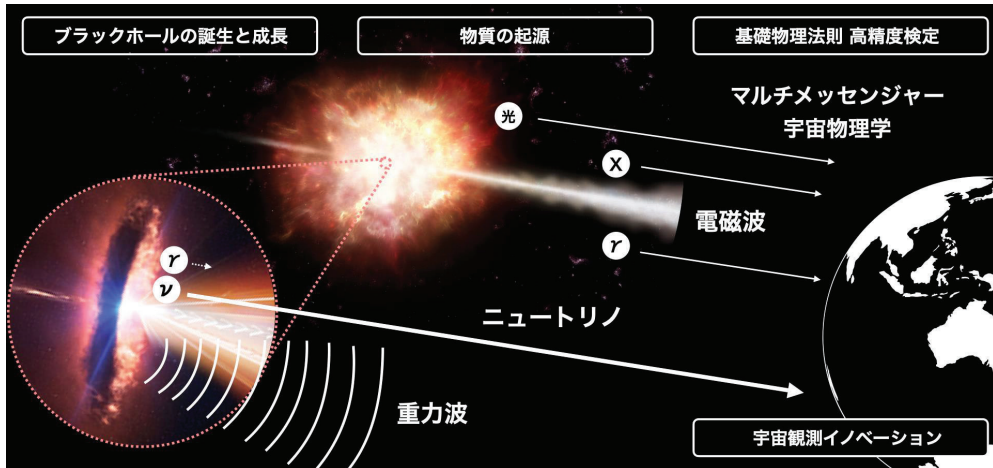


図1 マルチメッセンジャー天文学のイメージ図

●研究の主題

「重力エネルギーの最終運命」を理解するという旗印のもとで、以下の3つを主題に掲げている。

- I. **ブラックホールの誕生と成長** ブラックホールが誕生する瞬間は何が起こるのか？ 生まれたブラックホールは周囲の物質を吸い込みながら、どのような系へと成長していくのか？
- II. **物質の起源** ブラックホールの巨大重力場から得られるエネルギー（重力エネルギー）から、我々を形作る物質の元である元素はどのように作られたのか？ 人類の技術で生成可能なエネルギーを遥かに凌駕する物質生成（超高エネルギー宇宙線）はどのように実現されたのか？
- III. **基礎物理法則高精度検定** 相対性原理は極限エネルギー領域でも成立するのか？ ビッグバン宇宙を満たしている宇宙ニュートリノ背景放射は本当に存在するのか？ 宇宙年齢を決めるハッブル定数の値は正しいのか？ 中性子星の硬さはどれくらいか？

●領域の構成

多様なメッセンジャー観測をカバーする観測研究グループと将来観測実験に向けた技術開発、および観測研究を深化させる理論研究により、各計画研究が構成される。

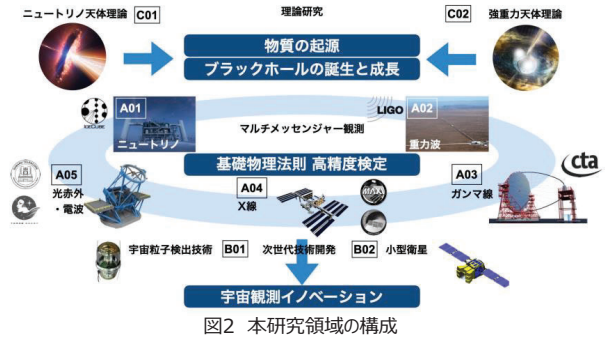


図2 本研究領域の構成

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●宇宙観測融合研究課題

異なる波長の様々な電磁波、非電磁波信号であるニュートリノと重力波による共同研究を具体的に進展させるために、本領域では5つの融合研究課題を設定している。**ブラックホール駆動フレア観測、低輝度ブラックホール突発天体観測、中性子星合体由来元素合成観測、未知爆発天体探査、連星中性子星合体ジェット放射探査**の5課題である(図3)。いずれの課題も、観測対象となる天体や、ニュートリノ、電磁波放射のエネルギースケールと時間スケールは異なるものの、ブラックホールなどの超強重力場天体がどのように誕生し、時間とともにどのように成長したか(ブラックホールの誕生と成長)、強大な重力エネルギーがどのように変換されて我々自身を形成する元素を作り出し、かつ陽子・原子核プラズマを膨大なエネルギーに加速して宇宙線を生み出すのか(物質の起源)を理解するという共通項がある。観測データは、理論研究を行う計画研究に提供され重力エネルギーの最終運命を解き明かす。さらに、一般相対論的現象である重力波や高エネルギー素粒子反応の産物である宇宙ニュートリノビームそのものが、相対性原理・素粒子標準模型・ビッグバン宇宙論といった基礎物理法則に依っている。基礎物理法則高精度検定を行う「宇宙実験場」を提供する。

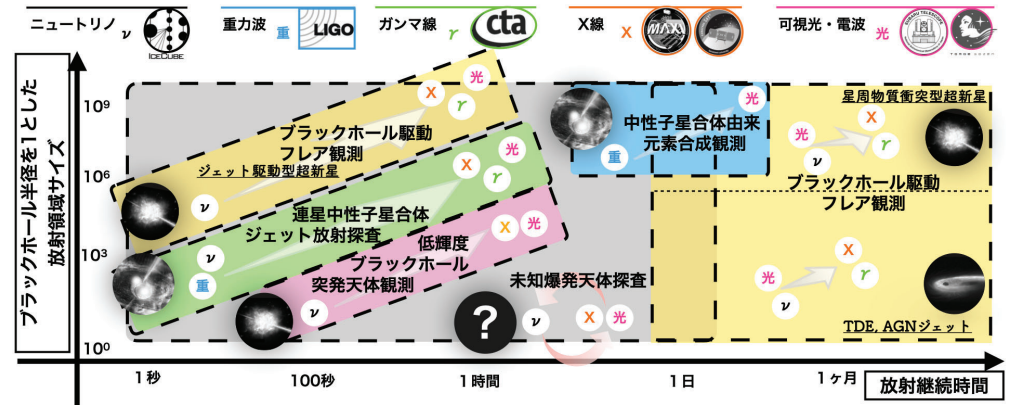


図3 宇宙観測融合研究課題のイメージ

●人材の育成

マルチメッセンジャー天文学は異なる専門的背景を横断する新しい学際研究分野である。研究者コミュニティ間の壁を乗り越え、幅広い知見を備えた次世代の研究者を育成するために、ピグナズ・ワークショップ、サマースクール、領域研究会を通年で開催し、異なる研究分野を学び、研究者間の横のネットワークを育てる場を提供する。