0.1 横山（順）研究室

当研究室はビッグバン宇宙国際研究センターを本拠として、一般相対性理論、場の量子論、素粒子物理学等の基礎物理学理論に基づいて、宇宙論と重力理論の理論的研究を幅広く行うとともに、理学部物理学教室の教育と研究に参画しています。また、大型低温重力波検出器 KAGRA の稼働を控え、近年重力波データ解析の研究と人材育成にも乗り出していますが、こちらは本年度にビッグバン宇宙国際研究センターに発足した KAGRA 重力波データ解析国際協力部門に引き継がれる運びとなりました。

0.1.1 初期宇宙論

特異点なきインフレーション宇宙の創生

宇宙のエネルギー密度は宇宙膨張と共に徐々に薄まっていくため、宇宙膨張を過去に遡ると、密度無限大の特異点に当たると考えられている。これまで、インフレーション宇宙論の初期条件もこのような仮定の下で考えられてきた。つまり、インフレーション宇宙論は特異点問題を解決するわけではないのである。本研究では一般化ガリレオン理論をさらに拡張した理論を考えることにより、ヌルエネルギー条件を安定的に破り、宇宙が漸近的ミンコフスキー時空からはじまり、インフレーション、再加熱を経験し現在に至るまで、不安定性なく進化できる理論を構築することに成功した [2]。

一般化 G インフレーション理論の整合性

本研究では、インフレーションの最も一般的な枠組みである Generalized G inflation 理論を用いて、観測可能な重力波を生成しながら場の変位をプランクスケール以下にとどめられることを示した。また、それがどのような物理的な状況において意味を持つのかを理論の強結合領域を求めることにより明らかにし、そのような場合のモデルに対する量子補正が無視できる、すなわちモデルが整合的であるということを示した。[3, 40, 41]

ブラックホールからのインフレーション宇宙の生成

ブラックホール (BH) のホーキング温度は、BH の質量に反比例し、BH の蒸発が進むにつれて増加する。GUT スケールで一次相転移を起こすようなスカラー場が存在する場合、ホーキング温度が GUT スケールに到達したところで、BH の周りは真真空から偽真空へと相転移することが期待される。そこで BH の周りで量子的に生成された真空泡のダイナミクスを、イスラエルの接続条件を用いて議論し、ホーキング温度が GUT スケールに到達すると、BH はその内側に偽真空領域を含む子宇宙へと相転移し、その内側でインフレーションが再度始まる、というシナリオを提唱した [31, 82, 56, 68]。

超対称性理論におけるドメインウォール問題の解決法

素粒子相互作用の準極小超対称性標準理論は、極小理論における μ 項をスカラー一重項の期待値によって説明する理論であるが、Z_3 対称性が破れる際ドメインウォールを生成してしまうという問題が指摘されていた。本研究では、インフレーション中のこの場の挙動を注意深く解析し、超重力理論に由来してこの場がインフレーション中にハッブルパラメタに比例した質量を十分得る場合には、観測可能な宇宙の全域が同一のドメインに落ちることが可能で、それによってドメインウォール問題を回避できることを示した [5] 。

空間方向のみに不変性を持つ理論における背景量とゆらぎの変換性

XG3 理論と名付けた空間方向のみに座標変換に対する不変性を持つ理論において、一様等方宇宙を記述する変数とその周りのゆらぎを記述する変数が、disformal 変換によってどのように変換されるかを調べた。結果として、この理論はこの変換に対して閉じていること、摂動量、特にテンソルゆらぎは高階微分相互作用を持つにもかかわらず、アインシュタイン重力の場合と同等の表現を持つ座標系を取ることができることを示した [7]。

大域的相転移を起こしたスカラー場からの重力波と宇宙の熱史

初期宇宙起源のスケール不変な重力波として、インフレーション中に生成する量子的重力波と並んで、大域的相転移を起こした多成分スカラー場が宇宙膨張と共に一様化する際に放出される重力波が挙げられる。本研究では、この場の時間発展を、インフレーション後の再加熱期の宇宙膨張と共に解き、生成する重力波のスペクトルを精細に求めると共に、再加熱温度に対する依存性を明らかにした。そして、DECIGO 等の観測衛星によって熱史を決定できる条件、ならびにインフレーション起源の重力波と峻別できるための条件を明らかにした [6]。

遅延スケーリング宇宙ひもが CMB に与える影響

インフレーション中に宇宙ひもが生成する模型を考えた場合、典型的な長さスケールを与える相関長が指数的に引き延ばされ、スケーリングに到達する時間が大きく遅延する。本研究では、このような「遅延スケーリング宇宙ひも」模型に対して、その発展を探った。その結果として、近年の宇宙マイクロ波背

景輻射の精密観測によって指摘されている大スケールでのアノマリーがこの遅延スケーリング宇宙ひもによって説明可能であることを指摘した [8] 。

宇宙論的摂動論の長波長解と原始ブラックホール

大振幅の密度ゆらぎが初期宇宙に存在していたとして、それが自己重力によって崩壊すると、原始ブラックホール（PBH）が形成される。ある種のインフレーションモデルでは、大振幅の曲率ゆらぎが生成され PBH が形成される。PBH の存在量を理論的に計算すれば、観測的な制限と比較することで、インフレーションモデルに対する知見が得られる。インフレーション中に生成された曲率ゆらぎは超ホライズンスケールに引き伸ばされ、その後の放射優勢期などに再びホライズンの中に入る。ゆらぎが超ホライズンスケールにある間は、アインシュタイン方程式を近似的に解くことでゆらぎの時間発展を調べられる。この近似解を様々な座標条件に一般化し、さらに長波長ゆらぎ中に存在する短波長ゆらぎによる PBH 形成の条件を議論した [9]。

原始ブラックホールで探る短波長原始重力波

インフレーション理論では様々な波長の重力波が生成されると予言されるが、そのうち短波長の重力波の振幅が大きいと、重力波の二次の効果により密度ゆらぎが生成する。密度ゆらぎの振幅が十分大きいと PBH が形成する。しかし PBH は観測的に見つかっていないので、PBH が大量に形成してしまうほど大振幅の短波長重力波は棄却されることになる。このような考察から得られるインフレーション起源の短波長重力波への制限は、ビッグバン元素合成や宇宙マイクロ波背景放射から得られる制限よりも厳しいことを明らかにした [11, 30, 95]。

0.1.2 観測的宇宙論

暗黒物質ミニハローで探る短波長原始ゆらぎ

短波長原始ゆらぎが大きいほど構造形成が早まり、より初期に高密度の暗黒物質ミニハローが多数形成する。暗黒物質が対消滅する場合には、これらのミニハローで発生したガンマ線やニュートリノが観測されるはずである。つまり、これらの観測は短波長原始ゆらぎに対する制限を与えることになる。この制限は暗黒物質の性質やミニハローの性質に依存するため、その依存性について詳細に調べた [42]。

将来の大型電波干渉計計画による宇宙論の探求

将来の精細観測時代を見据え、将来の大規模観測によってどのような宇宙論のフロンティアが開拓されていくかを探求することは重要である。特に、Square Kilometre Array (SKA) と呼ばれる次世代電波望遠鏡に着目している。宇宙大規模構造を用いた宇宙論探査はこれまで可視光・近赤外による探査がほとんど全てであった。しかし、SKA を用いることで電波域というこれまで宇宙論的には用いることのできなかった波長域を通じて宇宙を見ることが可能になる。全く新しい宇宙論のツールとして重要視されており、我が国として寄与しうるサイエンストピックについてまとめ、今後の発展を議論した [22]。

将来の大型電波干渉計計画を用いたインフレーション模型の峻別

電波域による銀河探査も行うことが可能になり、宇宙の電波 3 次元地図を書くことができるようになる。可視光・近赤外探査による結果とは相補的な関係となっており、双方向の解析が重要になる。解析の際に、電波銀河の形状による分類を応用することでマルチトレーサー法と呼ばれる手法を用いることが可能になり、インフレーション模型の峻別に対して重要な寄与をしうる。この際、Euclid 衛星 (可視光・近赤外) との協働により、あらゆるインフレーション模型が満たすべき「整合性条件」の合否を探査できる。もし今後の精密観測により整合性条件を破るような結果が得られた場合、これまで知られていた全てのインフレーションの研究は再検討を余儀なくされる。また、宇宙マイクロ波背景輻射観測との協働においても SKA は重要な地位を占める。日本が主導して行う予定の LiteBIRD 衛星計画において SKA のデータとの協働によって、精度を 2 倍以上改善することができることを示した [15] 。

密度揺らぎによる高次ベクトル摂動の弱い重力レンズ効果による観測可能性

ベクトル摂動、テンソル摂動は弱い重力レンズ効果を通じて歪み場にパリティ負のモードを生成することが知られている。このモードは線形密度揺らぎでは生成することができないことから、非スカラー摂動の重要なプローブとなり得る。線形レベルでは密度揺らぎはベクトル摂動を作り得ないが、高次項を通じて関係付くことが期待されている。我々は高次密度揺らぎを通じて生成されるベクトル摂動を数値的に解くことでその観測可能性を探求した [14] 。

0.1.3 曲がった時空の場の量子論

Hawking-Moss インスタントンの解釈

スカラー場の有効ポテンシャルが、偽真空状態とポテンシャルトップを含む場合、偽真空からポテンシャルトップへの相転移が、ゼロではない確率で起こることが知られている。このような解は、Hawking-Moss

インスタントンとして知られている。de Sitter 時空を静的な座標で記述し、ハミルトニアン条件から相転移間の状態は全エネルギーがゼロであることから、系のエントロピーだけが相転移に寄与する、という熱力学的解釈を与えた [4]。

de Sitter 時空中の Schwinger 効果

インフレーション原始磁場形成理論において、強い電場を生じる場合があるので、de Sitter 時空中における Schwinger 効果について研究を行った。4 次元の de Sitter 時空における Dirac 粒子の Schwinger 効果について解析し、Schwinger 効果が誘起する電流の振る舞いが、電荷の持つスピンや電荷の質量によって大きく異なることを見出した。特に、背景電場強度が、Dirac 場の質量によって決まる特定の値より小さい場合、誘起電流が電場と反対向きに流れるという反直感的な結果を得た。このことは、インフレーション宇宙において場の理論の非摂動効果まで取り入れれば、基本的な物理法則を変更することなしに、ある程度大きな電磁場のゆらぎを生成する可能性があることを示唆している [50, 51]。

一方で、誘起電流期待値の計算において必要となるくりこみの問題に関して、異なる手法による計算の結果が一致するかという疑問があったので、これまでカットオフ入りの断熱正則化によって計算されていた、4 次元 de Sitter 時空中のスピン 0 粒子の場合の Schwinger 効果による誘起電流の期待値について、Point splitting に基づくゲージ不変性を保つくりこみを行い、これら 2 つの手法による結果が一致することを確かめた。

磁気双極子放射への QED 補正

中性子星などのコンパクト天体に付随する磁場は、パルサースピンの減速率の測定によって見積もられている。このスピンの減衰は磁気双極子放射などの効果によって天体の角運動量が失われることに起因する。現在までの観測で、最大で 10^{15}Gauss を超える強度の磁場を持つ天体（マグネター）が見つかっている。このような磁場の強度は、QED 効果が顕著になる磁場のスケール（$m_e^2/e \sim 10^{13}$Gauss）を超えており、古典論的な磁気双極子放射公式を用いてこれを推定したのでは、無矛盾性の観点から問題を生じる可能性がある。そこで我々は、QED による効果を計算し、磁気双極子放射公式への補正項を摂動論を用いて具体的に書き下した。この補正項は、天体周りの比較的小スケールの磁場構造に依存して決まるが、その効果は一般的にあまり大きくなく、従前の古典的な磁場強度の見積もりで（天文学的な不定性の範囲内では）十分であることがわかった [26]。

高強度レーザーを用いたアンルー効果の検証

ELI によって、近い将来に 10^{25} [W/cm^2] の強度をもつレーザーが実現されると期待されている。この強度によって電子を加速させた場合、アンルー効果で電子は $\sim 10^3$ [K] の熱浴を感じる。電子はその熱浴と相互作用することで熱的に揺らぎ、放射すると考えられている。量子場の真空揺らぎを考慮し、この放射の角度分布や強度を解析的に調べ、強レーザーを用いたアンルー効果の可能性について議論した [12, 13, 81, 57, 68]。

0.1.4 重力理論

自発的スカラー化

物質の密度がある臨界密度以上で、自発的スカラー化が起こるスカラーテンソル理論を提唱した [16]。スカラー場の質量がゼロの模型は、Damour と Esposito-Farese によってすでに提唱されていたが、今回の新しい点は、スカラー場に質量を持たせたことである。自発的スカラー化が起こっている相では、重力定数が小さくなること、有効宇宙定数が現れること、スカラー場と物質との相互作用が生じること、の 3 点において、重力の法則が一般相対論からずれることを明らかにした。そして、有質量のおかけで、スカラー場の振動成分が暗黒物質として振る舞うこと、一般相対論が宇宙論的アトラクターになること、宇宙初期インフレーション中に起こる自発的スカラー化により、暗黒物質として観測から要求される存在量も説明可能なことを示した。

スカラー・テンソル理論とブラックホール

近年、スカラー場のシフト対称性を有するホルンデスキー理論の枠組みで、計量場は静的・球対称なブラックホール時空を表しているにもかかわらず、スカラー場は非自明な空間プロファイルを持つだけでなく時間にも依存するという大変興味深い解の集合が見つかった。この解集合の一部は、シュバルツシルト-ドジッター解になっているが、ドジッター膨張率から読み取った有効宇宙定数は、ラグランジアンに現れている宇宙定数とは別物になっており、その意味で宇宙定数のスクリーニングを実現した解になっている。こういった興味深い性質を持つ解であるが、その安定性は調べられていなかった。それを実際に奇パリティ型に限定して摂動解析を行ったのが、[17] である。解析の結果、シフト対称性という条件を満たすホルンデスキー理論の範囲では、ラグランジアンの具体的形に依らず、摂動はブラックホールの地平線近傍では、必ずゴースト的になり不安定になってしまうことがわかった。よって、そのような解が現実世界を記述する可能性は棄却された。

D 次元 Lovelock-Galileon 理論におけるブラックホールの不安定性

Lovelock-Galileon 理論は、場の方程式が 2 階かつスカラー場に関するシフト対称性を持つような、一

般次元スカラーテンソル理論のサブクラスである。この理論において、近年非自明なスカラー場の配位を持つ 5 次元ブラックホール解が発見された。我々は、それらの解がテンソル型摂動に対し不安定であることを示した。さらに解を一般次元に拡張し、5 次元の場合に現れたのと同様の不安定性が次元によらず普遍的に生じることを示した [18]。

0.1.5 重力波

2016 年 2 月 11 日に LIGO-Virgo collaboration が発表した連星ブラックホール合体現象 GW150914 の検出は、人類史に重力波天文学の創成という新たな 1 ページを加えた。日本の重力波直接検出計画 KAGRA も LIGO-Virgo と肩を並べ、重力波天文学・物理学を強力に推進すべく 2018 年の観測を目指している。現在 KAGRA は岐阜県飛騨市神岡町池の山地下に 3km のマイケルソン干渉型検出器を建設し終え、3 月 26 日より試験観測運転をおこなっている。2016 年度の実データ解析に向けて、2015 年度はデータ解析手法の研究や、解析環境の整備をおこなった。

iKAGRA へ向けた連続重力波探査解析パイプラインの構築

連続重力波は、観測時間よりも十分に長い信号持続時間を持ち、周波数がその期間にわたってほぼ一定であるような重力波の総称である。非軸対称に回転する中性子星が主要な連続重力波源と考えられている。連続重力波の振幅は微小であるため、検出器雑音の中から信号を抽出するには長時間積分を必要とし、その計算コストが問題となる。これに対処するため、連続重力波データ解析には、$\mathcal{F}$-statistic と呼ばれる手法が広く用いられている。結果として、電磁波観測で既に知られているような高速回転する中性子星、パルサーの場合には探索パラメータはなく、既知の回転周波数とスピンダウン率、パルサーの方向から一意に他の波形パラメータが算出される。一方で、全天探査の場合には、これらの 4 つのパラメータが未知であるので、広大なパラメータ領域から真の重力波のパラメータを精力的に見つけなければいけない。本研究では、重力波検出器 KAGRA の稼働へ向けて連続重力波の解析パイプラインの開発を行った [74, 75, 96]。

Phase-II TOBA による低周波数帯連続重力波探査

ねじれ振り子型重力波検出器 TOBA は地上低周波数帯重力波検出器であり、二本の直交する棒状のテストマスから構成され、検出器平面上の二本のマスの角度変動から重力波が読み取られる。TOBA は KAGRA や LIGO などの大型レーザー干渉計では探索できない低周波数領域に強みを持つ検出器である。今回新たに作成された Phase-II TOBA を用いて、検出器が最も良い感度を持つ 6Hz から 7Hz の 1Hz バンドにわたって、データ長が約 1 日の全天探査を行い、低周波数帯において、未知のパルサーから放射される連続重力波を探索した。結果として、統計的に有意な重力波信号は発見されず、6.84Hz で最も厳しい振幅上限値 3.6×10^{-12} を信頼度 95% で課すことができた [19, 45, 46, 47, 48]。

連続重力波を用いた孤立中性子星の質量推定法

高速回転する非軸対称な中性子星 (NS) は回転周波数の二倍の周波数を持つ重力波を放射する。しかし、NS の角運動量軸と慣性主軸が一致しない場合、NS は角運動量軸を中心とした自由歳差運動を行い、四重極モードに加えて歳差モードと呼ばれる回転周波数と同一の周波数を持つ重力波も放射する。さらに、近年では NS の内部に超流動コアを含むモデルのもとでも、たとえ電磁波観測で歳差運動を示す信号の変調が観測されなかったとしても、NS から放出される重力波は回転周波数の一倍とニ倍の二つのモードを持つことが示唆されている。そこで、このような 2 つのモードを持つ NS からの重力波に焦点を当て、重力波観測による NS の質量推定法を新たに提案した。そして、モンテカルロシミュレーションを用いることで、Einstein Telescope のような第三世代の重力波検出器での観測では、歳差角が一様に分布しているという仮定のもとで、1kpc 離れた扁平率が 10^{-6} である孤立 NS の約半数を、その質量の 20% 程度の精度で推定できることを示した [28, 43, 44]。

重力波検出器データに内在する非ガウス性の研究

バースト性の重力波を探索すると、多くのイベント（信号候補）が現れるが、実際にはそれらはグリッチノイズと呼ばれる、短時間で励起、減衰する地球・人間活動・機器起源のノイズである。これらのイベントは発生原因についてはわかっていないことが多く、一概に棄却することはできない。また、真の信号の背景として、false alarm probability、ひいては信号閾値を上昇させており、低信号対雑音比の信号を検出する上で妨げになっている。本研究では、非ガウス性と非定常性を区別する重要性を説き、非ガウス性を Student-t 分布によって特徴付け、その度合いを計算する手法を提案、LIGO S5 データに適用することでその有用性を示した [10]。非ガウス性が強い領域では、従来のマッチドフィルターとは異なるフィルターを使うことによって、より統計的に最適な検出統計量を構成できる。今回の研究は、このような統計量を使うか否かの基準を提供する。

＜**受賞**＞

[1] JGRG presentation award, Gold Prize, The 25th Workshop on General Relativity and Gravitation (JGRG25), 2015 年 12 月 7 日-12 月 11 日

＜**報文**＞

(原著論文)

[2] T. Kobayashi, M. Yamaguchi and J. Yokoyama, "Galilean Creation of the Inflationary Universe," JCAP **1507** (2015) no.07, 017

[3] T. Kunimitsu, T. Suyama, Y. Watanabe and J. Yokoyama, "Large tensor mode, field range bound and consistency in generalized G-inflation," JCAP **1508**, no. 08, 044 (2015)

[4] N. Oshita and J. Yokoyama, "Entropic interpretation of the Hawking-Moss bounce," arXiv:1603.06671 [hep-th]. Prog. Theor. Exp. Phys. in press.

[5] A. Mazumdar, K. Saikawa, M. Yamaguchi and J. Yokoyama, "Possible resolution of the domain wall problem in the NMSSM," Phys. Rev. D **93** (2016) no.2, 025002

[6] S. Kuroyanagi, T. Hiramatsu and J. Yokoyama, "Reheating signature in the gravitational wave spectrum from self-ordering scalar fields," JCAP **1602** (2016) no.02, 023

[7] T. Fujita, X. Gao and J. Yokoyama, "Spatially covariant theories of gravity: disformal transformation, cosmological perturbations and the Einstein frame," JCAP **1602** (2016) no.02, 014 doi:10.1088/1475-7516/2016/02/014

[8] C. Ringeval, D. Yamauchi, J. Yokoyama and F. R. Bouchet, "Large scale CMB anomalies from thawing cosmic strings," JCAP **1602**, no. 02, 033 (2016)

[9] T. Harada, C. Yoo, T. Nakama and K. Koga, "Cosmological long-wavelength solutions and primordial black hole formation," Phys. Rev. D **91**, 084057 (2015)

[10] T. Yamamoto, K. Hayama, S. Mano, Y. Itoh, and N. Kanda, "Characterization of non-Gaussianity in gravitational wave detector noise" Accepted for publication in Phys. Rev. D (2016)

[11] T. Nakama and T. Suyama, "Primordial black holes as a novel probe of primordial gravitational waves," Phys. Rev. D **92**, 121304 (2015)

[12] N. Oshita, K. Yamamoto and S. Zhang,"Quantum radiation produced by a uniformly accelerating charged particle in thermal random motion, ' ' Phys. Rev. D **93** (2016) in press, arXiv:1509.03038 [hep-th].

[13] N. Oshita, K. Yamamoto and S. Zhang,"Quantum radiation from a particle in an accelerated motion coupled to vacuum fluctuations,"Phys. Rev. D **92**, 045027 (2015)

[14] S. Saga, D. Yamauchi and K. Ichiki, "Weak lensing induced by second-order vector mode," Phys. Rev. D **92**, no. 6, 063533 (2015)

[15] T. Namikawa, D. Yamauchi, B. Sherwin and R. Nagata, "Delensing Cosmic Microwave Background B-modes with the Square Kilometre Array Radio Continuum Survey," Phys. Rev. D **93**, no. 4, 043527 (2016)

[16] P. Chen, T. Suyama & J. Yokoyama: "Spontaneous-scalarization-induced dark matter and variation of the gravitational constant", Phys. Rev. D 92, 124016 (2015),

[17] H. Ogawa, T. Kobayashi & T. Suyama: "Instability of hairly black holes in shift-symmetric Horndeski theories", Phys. Rev. D 93, 064078 (2016), [arXiv:1510.07400].

[18] K. Takahashi, T. Suyama and T. Kobayashi, "Universal instability of hairy black holes in Lovelock-Galileon theories in D dimensions", Phys. Rev. D **93**, 064068 (2016)

[19] K. Eda, A. Shoda, Y. Kuwahara, Y. Itoh and M. Ando, "All-sky coherent search for continuous gravitational waves in 6?7 Hz band with a torsion-bar antenna," Prog. Theor. Exp. Phys. (2016) 011F01

(総説)

[20] J. Yokoyama, "Issues on the inflationary magnetogenesis," Comptes Rendus Physique **16** (2015) no.10, 1018.

[21] K. Sato and J. Yokoyama, "Inflationary cosmology: First 30+ years," Int. J. Mod. Phys. D **24** (2015) no.11, 1530025.

[22] D. Yamauchi *et al.* [SKA-Japan Consortium Cosmology Science Working Group Collaboration], "Cosmology with the Square Kilometre Array by SKA-Japan," Publication of Japan SKA Consortium, arXiv:1603.01959 [astro-ph.CO].

(会議抄録)

[23] J. yokoyama, "Birth of the inflationary universe and tensor fluctuations," Proc. 2nd LeCosPA symposium everything about gravity, in press.

[24] T. Suyama, "Primordial black holes as a novel probe of primordial gravitational waves," Proc. 2nd LeCosPA symposium everything about gravity, in press.

[25] Y.F. Cai and T. Suyama, "Summary of Parallel Session : Cosmology-Early Universe," Proc. 2nd LeCosPA symposium everything about gravity, in press.

[26] T. Hayashinaka and T. Suyama, "QED correction to magnetic dipole radiation," Proc. 2nd LeCosPA symposium everything about gravity, in press.

[27] N. Oshita, K. Yamamoto, and S. Zhang, "Unruh radiation produced by a uniformly accelerating charged particle in thermal random motions," Proc. 2nd LeCosPA symposium everything about gravity, in press.

[28] K. Eda, K. Ono and Y. Itoh, "Determination of mass of an isolated neutron star using continuous gravitational waves with two frequency modes: an effect of a misalignment angle," Proc. 11th Amaldi Conference, in press

(国内雑誌)

(学位論文)

[29] 國光太郎: “Classical and Quantum Aspects of Cosmic Inflation Models” (博士論文)

[30] 中間智弘: “Cosmological constraints on short-wavelength primordial perturbations” (博士論文)

[31] 大下 翔誉: 「ブラックホールを種としたインフレーション宇宙の生成」(修士論文)

(著書)

[32] 横山順一『輪廻する宇宙　ダークエネルギーに満ちた宇宙の将来』講談社　206 ページ。

(国内解説記事)

[33] Kipp Cannon、端山和大、伊藤洋介、高橋博毅「重力波の初検出と情報処理技術 - LIGO と KAGRA で活用されている情報処理技術 - 」、情報処理 Vol.57 No.5 May 2016

＜学術講演＞

(国際会議)

一般講演

[34] J. Yokoyama, “Independent Component Analysis for Gravitational Waves,” GWPAW, Osaka, June 16.

[35] T. Suyama, “Probing primordial perturbation on small scales,” Mini-workshop on inflation, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, March 10.

[36] T. Suyama, “Neutron stars in scalar-tensor theories,” 4th Annual Symposium of the Innovative Area on Multi-messenger Study of Gravitational Wave Sources, Kavli IPMU, the University of Tokyo, February 18 - 20.

[37] T. Suyama, “Spontaneous scalarization-induced dark matter and variation of the gravitational constant,” The 25th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, December 7 - 11.

[38] T. Suyama, “Generation of sparse and localized curvature perturbation from inflation,” COSMO15, COSMO-15, the University of Warsaw, Warsaw, Poland, September 7 - 11.

[39] Y. Itoh, “Search for continuous gravitational wave from neutron stars” Joint symposium by three innovative areas: Gravitational Wave Source / Underground Particle-Nuclear Research / Neutron Star Matter ”Universe and Astronomical Objects Uncovered by Multi-Fold Approach ” Tohoku University, Sendai, 2015/07/25

[40] T. Kunimitsu, T. Suyama, Y. Watanabe, J. Yokoyama, “Large Tensor Mode, Field Range Bound and Consistency in Generalized G-Inflation,” Gordon Research Conference on String Theory & Cosmology, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, May 31 - June 5, 2015.

[41] T. Kunimitsu, T. Suyama, Y. Watanabe, J. Yokoyama, “Field range bound and consistency in generalized G-inflation,” COSMO-15, the University of Warsaw, Warsaw, Poland, September 7 - 11, 2015.

[42] T. Nakama, K. Kohri and T. Suyama, “Annihilation signals from dark matter minihalos as a probe of primordial power on small scales revisited,” MG14 (Fourteenth Marcel Grossmann Meeting), University of Rome ”La Sapienza”, Rome, Italy, July 12 - 18, 2015.

[43] K. Eda, K. Ono, and Y. Itoh, “Search for mass of an isolated neutron star using gravitational wave observations”, 11th Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves, Gwangju, South Korea, 2015/6/25

[44] K. Eda, K. Ono, and Y. Itoh, “Determining mass of an isolated neutron star using gravitational waves”, 14th Marcel Grossmann Meeting (MG14), Rome, Italy, 2015/7/12-18

[45] K. Eda, A. Shoda, Y. Kuwahara, Y. Itoh, and M. Ando, “Search for low-frequency continuous gravitational waves with a torsion-bar antenna”, Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop (GWPAW) 2015, Osaka, Japan, 2015/6/17-20

[46] K. Eda, A. Shoda, Y. Kuwahara, Y. Itoh, and M. Ando, “An all-sky search for continuous gravitational waves in low-frequency regime using the Phase-II TOBA data”, RESCEU APCosPA Summer School on Cosmology and Particle Astrophysics, Nagano, Japan, 2015/8/3

[47] K. Eda, A. Shoda, Y. Kuwahara, Y. Itoh, and M. Ando, “Data analysis of continuous gravitational wave in low-frequency regime using the Phase-II TOBA data”, 10th Bi-Monthly Workshop on ”New Developments in Astrophysics Through Multi-Messenger Observations of Gravitational Wave Sources”, Osaka City University, 2015/8/7

[48] K. Eda, A. Shoda, Y. Kuwahara, Y. Itoh, and M. Ando, “An all-sky coherent search for continuous gravitational waves in 6-7 Hz band with a torsion-bar antenna”, The 25th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG25), Kyoto University, 2015/12/8

[49] T. Hayashinaka, “QED effective action for background field in de Sitter spacetime”, RESCEU APCosPA Summer School on Cosmology and Particle Astrophysics, Tochigi, 2 Aug. 2015

[50] T. Hayashinaka, “Fermionic Schwinger current in 4-d de Sitter spacetime”, 12th Conference in the Symposium on Cosmology and Particle Astrophysics, Daejeon, Korea, 15 Oct. 2015

[51] T. Hayashinaka, “Fermionic Schwinger Current in 4-d de Sitter Spacetime”, The 25th workshop on General Relativity and Gravitation, Kyoto, 8 Dec. 2015

[52] T. Hayashinaka, “QED Correction to Radiation from Magnetors”, the Second LeCosPA Symposium Everything About Gravity, National Taiwan University, 14 Dec. 2015

[53] K. Takahashi: “Equation of state of dark energy in $f(R)$ gravity”, RESCEU APCosPA Summer School on Cosmology and Particle Astrophysics, (Nikko, Tochigi, 8/3, 2015)

[54] K. Takahashi: “Equation of state of dark energy in $f(R)$ gravity”, COSMO15, (Warsaw, Poland, 9/8, 2015)

[55] K. Takahashi: “Universal instability of hairy black holes in Lovelock-Galileon theories in D dimensions”, JGRG25, (YITP, Kyoto, 12/9, 2015)

[56] N. Oshita and Jun ’ ichi Yokoyama, “Black holes as seeds of baby universe ’ ’ , The 25th Workshop on General Relativity and Gravitation (JGRG25), Kyoto, Kyoto University, December, 8th, 2015.

[57] N. Oshita, Kazuhiro Yamamoto, Sen Zhang, “Unruh radiation produced by a uniformly accelerating charged particle in thermal random motion ’ ’ , Second LeCosPA International Symposium:Everything about Gravity, Taiwan, National Taiwan University, December, 17th, 2015.

招待講演

[58] J. Yokoyama, “Galiean Creation of the Inflationary Universe,” Gordon research conference on string theory and cosmology, Hong Kong University of Science and Technology, June 1.

[59] J. Yokoyama, “Gravitational waves from the early universe,” Hot topics in general relativity and gravitation, ICISE, Vietnam, August 10.

[60] J. Yokoyama, “Galiean Creation of the Inflationary Universe,” COSMO 15, Warsaw University, Poland, September 11.

[61] J. Yokoyama, “Gravitational waves from the early universe,” CosPA 2015, Institute for the Physics of the Universe, IBS, Korea, October 16.

[62] J. Yokoyama, “Birth of the inflationary universe and tensor perturbations,” 2nd LeCosPA symposium Everything about gravity, LeCosPA, National Taiwan University, Taiwan, December 17.

[63] J. Yokoyama, “Gravitational radiation and CMB anisotropy from cosmic strings created during inflation,” Cosmic strings@Brazil, Sao Paulo University, San Carlos, Brazil, February 16.

[64] J. Yokoyama, “Approaches to inflationary cosmology,” 1st CORE-U Conference: Intense Fields and Extreme Universe, Hiroshima University, March 7.

[65] T. Suyama, “Spontaneous scalarization : asymmetron as dark matter,” Exploring Theories of Modified Gravity, U. Chicago, Oct. 12 - 14.

[66] T. Suyama, “Primordial black holes as a novel probe of primordial gravitational waves,” 国立台湾大学, 台北, Dec. 14 - 18.

[67] D. Yamauchi: “Cosmology with the Square Kilometre Array by SKA-Japan”; Dark Side of the Universe (Kyoto, 12/14, 2015)

[68] N. Oshita, “Hawking radiation from the view point of the inflationary universe and laser cosmology ” , First CORE-U international conference : Intense fields and extreme universe, Hiroshima, Hiroshima University, March, 8th, 2016.

(国内会議)

一般講演

[69] 須山輝明、“自発的スカラー化、修正重力、暗黒物質,” 新学術領域「重力波天体」A05 班合宿, 伊豆, Jan. 7 - 9.

[70] 須山輝明、“自発的スカラー化を伴うスカラー・テンソル理論と暗黒物質,” 日本物理学会第 7 1 回年次大会, 東北学院大学, Mar. 19 - 22.

[71] 山内大介：“SKA による宇宙論”; 日本天文学会 2015 年秋季大会 (甲南大学, 9/11, 2015)

[72] 山内大介：“SKA-JP Cosmology SWG の活動”; 銀河進化と遠方宇宙 2015 (兵庫, 9/7, 2015)

[73] 中間 智弘、須山照明、横山順一: “短波長原始ゆらぎの観測的探求”; 日本物理学会 2015 年秋季大会、大阪市立大学、大阪府、日本、2015 年 9 月 25 日 - 28 日.

[74] 枝和成，伊藤洋介，神田展行，田中一幸，KAGRA DAS Collaborators,「iKAGRA へ向けた連続重力波探査パイプラインの構築」，日本物理学会 2015 年秋季大会，大阪市立大学，2015 年 9 月 27 日

[75] 枝和成，伊藤洋介,「連続重力波探査におけるカイ二乗検定を用いた検出器雑音の棄却法」，日本物理学会 2016 年年次大会，東北学院大学，2016 年 3 月 22 日

[76] 林中貴宏、天文若手夏の学校 2015、「インフレーション中の QED における非摂動効果の研究と原始磁場形成理論への応用」、長野県、2015 年 7 月 28 日

[77] 林中貴宏、SKA サイエンス会議　宇宙磁場 2015、「インフレーション磁場形成と Schwinger 効果」、鹿児島大学、2015 年 9 月 17 日

[78] 林中貴宏、藤田智弘、横山順一、日本物理学会、「インフレーション原始磁場形成と Schwinger 効果」、大阪市立大学、2015 年 9 月 28 日

[79] 高橋 一史: 「$f(R)$ 重力理論におけるダークエネルギーの状態方程式」、日本物理学会 2015 念秋季大会 (大阪市立大学、9/28、2015)

[80] 高橋 一史: 「D 次元 Lovelock-Galileon 理論におけるブラックホールの不安定性」、日本物理学会第 71 回年次大会 (東北学院大学、3/20、2016)

[81] 大下翔誉, 山本一博, 張森, “Radiation from a particle in an accelerated motion coupled to vacuum fluctuations ’’ , 日本物理学会秋季大会, 大阪市立大学, 大阪, 2015 年 9 月 27 日

[82] 大下翔誉, 横山順一,“ブラックホールが生成するインフレーション宇宙 ’’ , 日本物理学会春季大会, 東北学院大学, 宮城, 2015 年 3 月 21 日

(セミナー)

[83] J. Yokoyama, “Galiean Creation of the Inflationary Universe,” McGill University, December 2.

[84] J. Yokoyama, “Creation of the inflationary universe out of a black hole,” ICTP Brazil seminar, February 22.

[85] J. Yokoyama, “Creation of the inflationary universe out of a black hole,” ETH Physics seminar, March 2.

[86] 横山順一、「インフレーション宇宙論と宇宙の創生」山口大学セミナー　3 月 9 日。

[87] 須山輝明、“Discrimination of the origin of the primordial perturbation” 名古屋大学素粒子セミナー 2015 年 5 月 12 日

[88] 須山輝明、“Spontaneous scalarization : asymmetron as dark matter” CENTRA セミナー (リスボン)　2015 年 9 月 3 日

[89] 須山輝明、“Spontaneous scalarization-induced dark matter and variation of the gravitational constant” 国立台湾大学 LeCosPA セミナー (台北)　2015 年 12 月 21 日

[90] 須山輝明、“インフレーションと修正重力理論について” 神戸大学セミナー　2016 年 1 月 28 日

[91] Y. Itoh, “Determining mass of an isolated neutron star using GW” Colloquium of the physics department of the Rikkyo University, 2015/05/26

[92] 伊藤洋介、「重力波で探る中性子星」中性子星の観測と理論: 研究活性化ワークショップ京都大学理学研究科セミナーハウス、京都、 2015/12/21-22

[93] D. Yamauchi: “Cosmic strings and their future detectability”; Astrophysics & Cosmology Group seminar (Waseda University, Tokyo, 7/3, 2015)

[94] D. Yamauchi, “Cosmic strings and their future detectability”; EHQG seminar (Nagoya University, Nagoya, 4/7, 2015)

[95] T. Nakama, “Primordial black holes as a novel probe of primordial gravitational waves”; KEK Theory Seminar (Tsukuba, Japan, October 14, 2015)

[96] 枝和成、「連続重力波データ解析の基礎」、重力波研究交流会、東京大学、2015 年 10 月 30 日

[97] K. Takahashi, “Universal instability of hairy black holes in Lovelock-Galileon theories in D dimensions”; Joint Seminar on Cosmology and Gravitation, (RESCEU, University of Tokyo, Japan, February 8, 2016)

[98] N. Oshita, “Birth of an inflationary universe out of a black hole,” Joint Seminar on Cosmology and Gravitation, (RESCEU, University of Tokyo, Japan, February 8, 2016)

(集中講義)

[99] 伊藤洋介、「重力波データ解析入門」、立教大学、2015 年 5 月 19 日、20 日、26 日、27 日

[100] 伊藤洋介、「重力波データ解析」、宇宙線研究所、2016 年 3 月 11 日

(アウトリーチ)

[101] 横山順一、「静岡県立袋井高校見学会　進路講座」東京大学理学部、5 月 22 日

[102] 横山順一、「恵泉女学園高校見学会　進路講座」東京大学理学部、7 月 3 日

[103] 横山順一、「重力波で探る宇宙のはじまり」　一般相対論 100 周年記念講演会、東京大学駒場祭、11 月 21 日

[104] 横山順一、「重力波でさぐる輪廻する宇宙」　SSH 講演会、日比谷高校、1 月 29 日

[105] 伊藤洋介、「アインシュタインの重力波をとらえる」、東京大学オープンキャンパス、東京大学、8 月 6 日

[106] 伊藤洋介、工大祭 2015 一般相対論 100 周年記念市民講演会パネルトーク、東京工業大学　10 月 11 日