

## 研究タイトル：

# ホログラフィック QCD 物質：強磁場中のカイラルソリトン格子

|     |  |         |                       |
|-----|--|---------|-----------------------|
| 氏名： | アマノマーカスアントニオ / AMANO<br>Markus Antonio | E-mail： | markus@oyama-ct.ac.jp |
|-----|--|---------|-----------------------|

|     |    |     |         |
|-----|----|-----|---------|
| 職名： | 助教 | 学位： | 博士(物理学) |
|-----|----|-----|---------|

所属学会・協会：

キーワード： 高エネルギー物理, 理論物理, 分子核物理, 一般相対性理論

技術相談

提供可能技術：

- ・非線形偏微分方程式の解法および GPU／並列計算
- ・混合整数線形および非線形計画法
- ・現代物理学、線形代数、解析学および微分方程式、群論、テンソル解析、確率論、統計学



## 研究内容：

現代物理学の最前線では、ブラックホール周辺の強重力場や中性子星内部の超高密度領域、さらには初期宇宙の高温・高密度状態といった宇宙でもっとも極限的な環境が探究されています。これらの領域は、量子重力の本質や強い核力に関する根本的な問いも内包しており、いずれも未解明で魅力的な現象の宝庫です。私の研究は、これら異なる物理領域の相互作用を解明することを目的としています。

そのために私は、弦理論に由来する理論的手法であるホログラフィック対応(AdS/CFT 対応とも呼ばれる)を用いて、強い核力を記述する量子色力学(QCD)を研究しています。ホログラフィック対応は、強結合の量子場理論が高次元空間における弱結合理論によって等価に記述できるとするものです。たとえば低温の QCD では、クォークやグルーオンは単独では存在できず、陽子・中性子(バリオン)や中間子といった複合粒子としてのみ現れます。対応する弱結合理論は、追加の物質場や力を伴う一般相対論と数学的に類似していることが多いのです。より哲学的に言えば、この対応は宇宙を高次元ホログラムとして捉える可能性を示唆しています。

私の専門分野は「応用ホログラフィー」です。この領域で私はいくつかの顕著な研究を行ってきました。まず、AdS/CFT を用いてクォーク・グルーオンプラズマの音速や粘性などの固有物性を解析し、初期宇宙で想定される条件を再現しました。実験室では、金や鉛などの重イオンを衝突させることで同様のプラズマを生成し、原始宇宙を模擬できます。また、非相対論的ホログラフィーを凝縮系物質、特にクプライトに適用し、将来的に常温超伝導体の実現に寄与し得る知見も提供しています。

さらに、ホログラフィック・サカイ＝スギモトモデルを用い、指数定理と呼ばれる高度な数学的手法によって原子核が取り得る運動・回転モードを厳密に決定しました。最近では、大きな磁場下で形成される「カイラル・ソリトン格子」と呼ばれる核物質の新たな相も研究しています。この相では真空そのものが不安定となり、パイ中間子が自発的に周期構造を形成して安定化するのです。

これらの研究を通じて、私は宇宙における基本的な力と極限環境がどのように相互作用するのかを、ホログラフィック双対性の視点から深く理解しようと努めています。

 researchmap: <https://researchmap.jp/markusamano>

 iNSPIRE HEP: <https://inspirehep.net/authors/1778034>

## 提供可能な設備・機器：

## 名称・型番(メーカー)

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# Holographic QCD Matter: Chiral Soliton Lattices in Strong Magnetic Field



|             |                      |               |                       |
|-------------|----------------------|---------------|-----------------------|
| <b>Name</b> | AMANO Markus Antonio | <b>E-mail</b> | markus@oyama-ct.ac.jp |
|-------------|----------------------|---------------|-----------------------|

|               |                     |
|---------------|---------------------|
| <b>Status</b> | Assistant Professor |
|---------------|---------------------|

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Affiliations</b> |  |
|---------------------|--|

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>Keywords</b> | High Energy Physics, Theoretical Physics, Nuclear Physics, Gravitational Theory |
|-----------------|---|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Technical Support Skills</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-linear PDE solving and GPU/Parallel Computation</li> <li>• Mixed Integer Linear and Non-linear Programming</li> <li>• Modern Physics, Linear Algebra, Calculus and Differential Equations, Group Theory, Tensor Calculus, Probability, and Statistics.</li> </ul> |
|---------------------------------|--|

## Research Contents

The frontiers of modern physics involve exploring some of the universe's most extreme environments, such as the intense gravitational fields around black holes, the ultra-dense interiors of neutron stars, and the hot, dense state of the early universe. These areas also encompass deep questions about the nature of quantum gravity and about the strong nuclear force. Each of these topics is a wellspring of fascinating and not-yet-fully-understood phenomena. My research seeks to uncover the interplay between these different realms of physics. To tackle these problems, I employ a theoretical tool drawn from string theory called the holographic correspondence, often referred to as AdS/CFT duality. I use this framework to study quantum chromodynamics (QCD), the theory that describes the strong nuclear force. The holographic correspondence proposes that a strongly coupled quantum field theory can be equivalently described by a weakly coupled theory in a higher-dimensional space. For example, in low-temperature QCD, individual quarks and gluons cannot exist independently but appear as composite particles such as protons, neutrons (baryons), or mesons. The dual weakly coupled theory is often mathematically like general relativity, but with additional matter and force fields. More philosophically, the correspondence suggests the universe can be viewed as a kind of higher-dimensional hologram.

My field of focus is "Applied Holography." Within this area, I have undertaken several notable projects. Using AdS/CFT, I have studied intrinsic properties of the quark-gluon plasma, such as its speed of sound and viscosity—mirroring the conditions likely present in the early universe. In laboratory settings, scientists can create similar states by colliding heavy ions like gold or lead, emulating these primordial conditions. I have also contributed to the understanding of non-relativistic holography with a view to condensed matter systems, particularly materials like cuprates, which might one day yield room-temperature superconductors.

Furthermore, using the holographic Sakai-Sugimoto model, I have rigorously determined the ways in which a nucleus can move and rotate using advanced mathematical tools known as index theorems. In more recent work, I have explored a remarkable phase of nuclear matter known as the chiral soliton lattice, which forms in the presence of large magnetic fields. In this phase, the vacuum itself becomes unstable and spontaneously generates a periodic arrangement of pions, resulting in a new, stable form of matter.

researchmap: <https://researchmap.jp/markusamano>

iNSPIRE HEP: <https://inspirehep.net/authors/1778034>

## Available Facilities and Equipment

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |