



ミュオンに コーファン通信 Vol.1

東海村×J-PARCセンター×茨城大学×東京都立大学

宇宙線ミュオンで古墳を透視プロジェクト

宇宙線ミュオンで古墳を透視プロジェクトって何？

近年、ピラミッドや西日本の古墳を対象に、宇宙線「ミュオン」を利用した非破壊調査が行われ注目を集めています。その調査とは、空から飛来し遺跡を通過したミュオンを観測し、まるでレントゲン写真を撮るように、遺跡内部を透視するものです。

茨城県の東海村では現在、約 80 基の古墳が確認されていますが、その一つに「舟塚古墳群 2 号墳」という前方後円墳があります（写真 1）。過去に 2 回の発掘調査が行われ、その築造時期や樹立された埴輪の様相が徐々に見えてきました。その一方で、古墳内部（埋葬施設）の情報については全く得られていません。今後、本古墳の歴史を語るためには、埋葬施設の位置や構造、そして古墳の被葬者像を解明する必要があります。

そこで、東海村、J-PARC センター、茨城大学、東京都立大学の合同調査チームは、「宇宙線ミュオンで古墳を透視プロジェクト」と題し、令和 5 年 4 月から舟塚古墳群 2 号墳の歴史解明に取り掛かりました。本プロジェクトのポイントは二つあり、一つは宇宙線利用という科学の力で古墳調査を行うことです。もう一つは、物理学と考古学の専門家の指導の下、子どもたちが一からミュオン測定器を手作りし、古墳の内部透視に挑戦することです。



図 1 東海村内の古墳分布図



写真 1 舟塚古墳群 2 号墳

宇宙線「ミュオン」と、その利用方法とは？

空から降り注ぐ宇宙線は、宇宙に散在する星々や超新星爆発などで作られた粒子で、主に陽子のはるばる地球までやって来たものです。ところが、地球には厚い大気があり、この陽子は^{ちっそ}大気に邪魔されて地表までは届きません。大気中の窒素や酸素の原子核と衝突した陽子は、核反応を起こし、ミュオンなどの二次粒子を作り出します（図 2）。その中で、ミュオンは貫通力が強い^{そりゆうし}ため、大気を突き抜けて地表まで到達します。

ミュオンは素粒子の一種で、電子の仲間です。電子の約 200 倍の重さを持ち、物質の貫通力が強いという特徴があります。その貫通力は、数 m から数百 m の鉄板を貫通することができます。

本プロジェクトでは、この宇宙線ミュオンの特徴を活かし、厚さ数 m から数十 m の古墳内部を透視し、古墳を破壊することなく埋葬施設の場所を探ります。

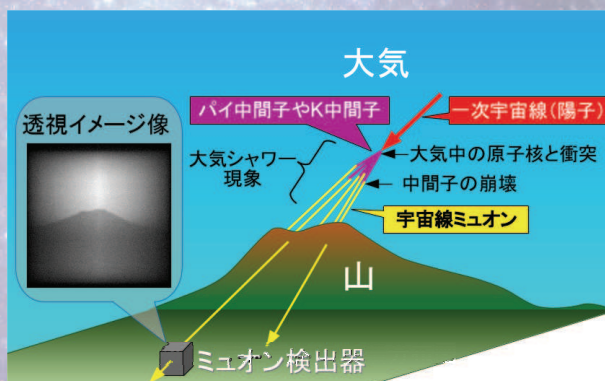


図 2 宇宙線ミュオンによる透視イメージ

東海村の巨大古墳の謎とは？

ミュオンで透視する舟塚古墳群2号墳は、4基の古墳から構成される舟塚古墳群の一つで、東海村の中央部（村松地区）、細浦からのびる支谷奥部の台地上に立地しています（図1）。

本古墳は、古墳時代後期における久慈川下流域最大の前方後円墳で、墳丘長は約70mです（図3）。過去の調査では、墳丘やその周辺から円筒埴輪や様々な形象埴輪が発見されました。そして、これらの埴輪の特徴から、本古墳が6世紀前葉～中葉（約1,500年前）に造られた可能性があることが分かりました。

ところで、本古墳には大きな謎があります。それは古墳のどこに、どのような埋葬施設があり、そこには誰が眠っているのかということです。今後、ミュオンによる内部透視で埋葬施設の位置を特定し、さらに地域最大の後期古墳がどのような埋葬施設を採用したのかを解明することができれば、ヤマト王権と地域の関係が新たに見えてくるかもしれません。また、本古墳は後の令制常陸国における久慈郡と那賀郡の境界付近に存在するため、『常陸国風土記』に記された「久慈国」や「那賀国」など国造国の成立契機の解明にもつながる成果になることを期待しています。



図3 舟塚古墳群2号墳の測量図（1/1000）

どのような装置でミュオンを測定し、古墳を透視するのか？

宇宙線ミュオンは、あらゆる方向から降ってきますが、古墳の透視には横方向から飛んでくるミュオンを利用します。その方法とは、古墳を貫通したミュオンの数と方向を装置で測定します（図4）。古墳を貫通するミュオンの数は、古墳の土壌（盛土）の厚みによって変わり、土壌が厚ければ少なく、土壌が薄ければ多くなります。もし古墳の中に埋葬施設があれば、その部分は空洞である可能性が高いため、土壌は薄くなり、貫通するミュオンの数は多くなります。つまり、貫通するミュオンの数の違いを見ることで、舟塚古墳群2号墳の埋葬施設の位置を調べることができます。

図5は、今回の古墳透視に用いるミュオン測定器の設計図です。今回の測定器は、J-PARCで実施している「ニュートリノ振動実験T2K」で用いた「P0D測定器」の部品を一部再利用しています。透視の方法は、2面の測定器で古墳を貫通したミュオンの通過位置を測定することで、ミュオンの飛来方向を調べます。さらに、通過したミュオンの数の分布図を作り、そこから古墳内部の情報を示した断層撮影図を作ります。もし埋葬施設（空洞）が存在すれば、この撮影図に見ることができます。本プロジェクトでは、この測定器を令和5年度に1台、令和6年度に1台、計2台を製作します。2台の測定器は古墳の周囲に設置後、2方向から測定し、それぞれの情報を組み合わせることで、CT撮影のように埋葬施設の三次元的位置を特定していきます。

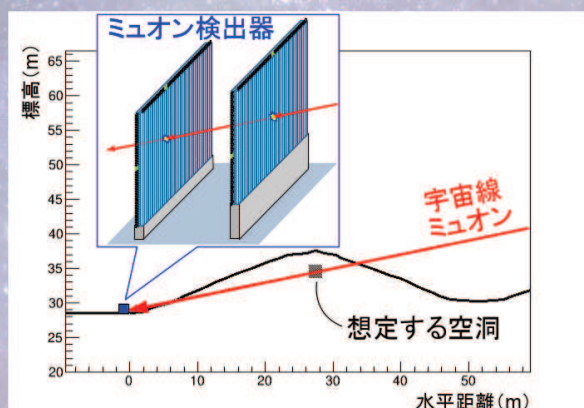


図4 古墳を通過するミュオンの測定方法

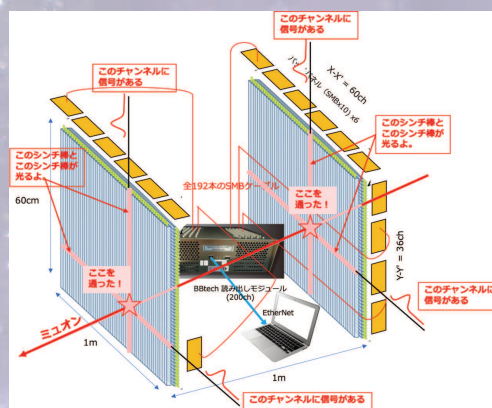


図5 ミュオン測定器の設計図

ミュオンにコーフンクラブ 令和5年度の活動

本プロジェクトでは、宇宙線ミュオンによる古墳の内部透視という調査研究と併せて、小中高生を対象とした文理融合型の教育プログラムを行っています。

令和5年度の教育プログラムは、基礎学習と測定器製作活動で構成され、まず上半期に宇宙線と古墳について学ぶ講座、J-PARC 施設や古墳の見学会などを行いました。そして、下半期からは、「ミュオンにコーフンクラブ」に所属する25名の子どもたちが物理学と考古学の専門家の指導の下、ミュオン測定器の製作を開始し、1台目の測定器を完成させました。

令和6年度は、このミュオン測定器を舟塚古墳群2号墳に設置し、古墳の内部透視を開始するとともに、2台目の測定器製作を行う予定です。来年度は、ついに科学の力で巨大古墳の謎に迫ります。今後もミュオンにコーフンクラブの活躍にご期待ください。

	実施日	内容	場所	参加人数(名)
上半期の活動	令和5年4月30日	第1回「体験 見えないものを見る」	東海村歴史と未来の交流館	16
	令和5年5月21日	第2回「講座 古墳って何？－東海村の古墳の謎にせまる－」	東海村歴史と未来の交流館	23
	令和5年6月18日	第3回「講座 宇宙から降り注ぐもの」	東海村歴史と未来の交流館	19
	令和5年7月23日	第4回「講座 古墳の中は何があるの？」	東海村歴史と未来の交流館	19
	令和5年8月3日	第5回「簡易測定器組み立て体験・宇宙線測定」	東海村歴史と未来の交流館	10
	令和5年8月6日			11
	令和5年8月8日			10
	令和5年8月27日	第6回「見学 J-PARC 施設見学」	J-PARC センター	25
	令和5年9月17日	第7回「見学 巨大な古墳を探検しよう」	舟塚古墳群2号墳、真崎古墳群、権現山古墳	26
下半期の活動	令和5年10月22日	第1回「ミュオンにコーフンクラブ2023」開講式	東海村歴史と未来の交流館	17
	令和5年11月19日	第2回「測定器作り①」	東海村歴史と未来の交流館	18
	令和5年12月17日	第3回「測定器作り②」	東海村歴史と未来の交流館	19
	令和6年1月21日	第4回「測定器作り③」	東海村歴史と未来の交流館	17
	令和6年2月18日	第5回「交流館で宇宙線測定！」	東海村歴史と未来の交流館	18
	令和6年3月17日	第6回「ミュオンにコーフンクラブ2023」閉講式	東海村歴史と未来の交流館	25(予定)

表1 令和5年度の活動実績

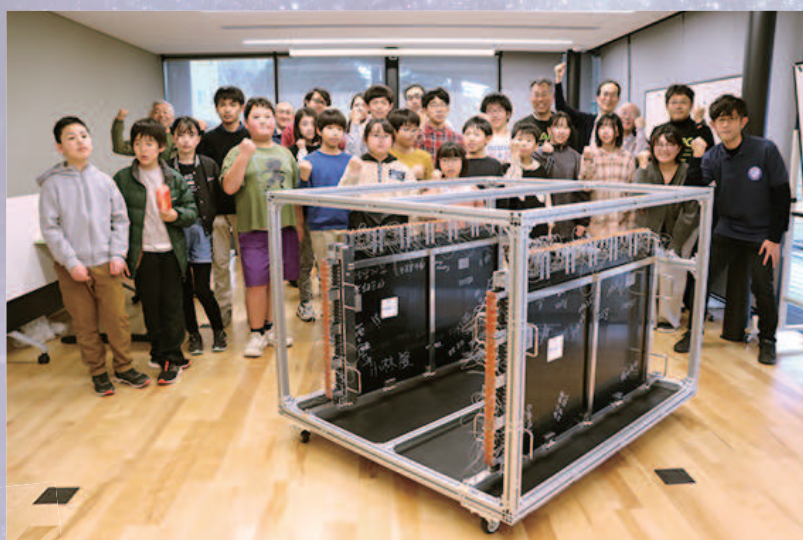


写真2 令和5年度に製作したミュオン測定器

巨大古墳の謎を
解明するぞ!!



ミュオンにコーフン通信 Vol.1

発行 令和6年3月17日
 発行者 宇宙線ミュオンによる古墳調査会
 (事務局：東海村教育委員会生涯学習課)
 所在地 茨城県那珂郡東海村大字村松 768 番地 38
 印刷 大富印刷株式会社