

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05676

研究課題名（和文）泥炭ウイグルマッピング法を用いた第四紀テフラの高精度年代決定

研究課題名（英文）High-precision radiocarbon dating of Quaternary tephra layers using wiggle-matching of peat deposits

研究代表者

宮入 陽介（Miyairi, Yosuke）

東京大学・大気海洋研究所・特任研究員

研究者番号：30451800

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、泥炭層に挟まれたテフラ（火山噴出物）堆積層の放射性炭素年代測定試料に対しウイグルマッピング法という連続年代分析法を適用し、その堆積年代の決定精度の向上を目指したものである。歴史文書記録のにより噴出時期が明確なテフラに対して、本年代分析手法を適用し、その可能性を検証したところ、本手法によりテフラの放射性炭素年代の決定精度を格段に向上させることが可能であることを示した。このことは地質年代指標として用いられることが多く、高精度年代決定が重要な課題となるテフラの噴出年代測定において重要な改良であるといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

テフラ層の年代決定は、そのテフラの供給源である火山噴火の年代決定にもつながるため、防災上の意義も大きい。また、テフラ層は、同時期面を形成し、火山噴火のみならず、周辺の地質層序の基準となるため、地質学や考古学上の時間指標となるものである。そのため、高い年代決定精度が求められてきた。

本研究は、泥炭層から得られたテフラ層の放射性炭素年代試料にウイグルマッピング法という新たな暦年校正手法を導入することでテフラ層の堆積年代決定精度を格段に向上させることができた。

研究成果の概要（英文）： Because the age of the tephra layer is also linked to the age of the volcanic eruption that provided the tephra, the disaster prevention The significance of the above is also great. The Tephra Formation forms a coincidental time plane and serves as a benchmark for stratigraphic ages of not only volcanic eruptions but also the surrounding area. It has been used as a geological and archaeological indicator of time. Therefore, a high degree of dating accuracy has been required.

In this study, we applied the Uighur matching method to historical tephra dating samples from peat layers. The accuracy of this method was confirmed by the application of the new method. The introduction of this new method of dating has improved the accuracy of tephra sedimentary dating. We have found that it can be improved.

研究分野：年代学

キーワード：放射性炭素年代測定 暦年校正 ウイグルマッピング 加速器質量分析 テフラ 火山噴火年代 鍵層年代測定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

テフラ(火山噴出物)の年代測定は、他の堆積物層の鍵層として使われるため、高精度年代決定が必要とされている。その年代値は、歴史時代の噴火であれば史料等から正確な年代を得ることも可能であるが、史実が残っていない年代範囲・地域では年代測定法が噴火年代を知る唯一の手段となる。第四紀後期に使用可能な年代測定法として有用な手法に放射性炭素年代測定法がある。近年、放射性炭素年代測定法の進歩により、放射性炭素年代値は誤差 15 年以下という高精度で測定が可能になった。しかしながら、放射性炭素年代は、過去の ^{14}C 生成量の変動があり、放射性炭素年代値は暦年較正プロセスが不可欠である。暦年較正は ^{14}C 生成量の変動に依存するため、高精度 ^{14}C 年代値がそのまま高精度暦年値に較正できる場合もあるが、たとえ元の ^{14}C 年代値がどれだけ高精度であったとしても、校正後の暦年代値は低精度になってしまう場合もある。特に日本の江戸時代に相当する時期においては、長期間放射性炭素濃度曲線がフラットな期間が続くために、高精度暦年補正が困難な時期として知られている。また、放射性炭素年代測定では試料選択も高精度年代決定のための重要な要素となる。 ^{14}C の年代分析試料の死亡時期と測定対象イベントの間に時間的間隔がない(小さい)ことが重要である。テフラの年代測定を考えた場合、これに適したサンプルは、テフラの給源近くで火砕流等によって瞬時に埋没された埋没林から採取された埋没木や、テフラが湖沼に堆積した場合のテフラ直下の易分解性の植物遺体(例:葉)などがあげられる。

先行研究において、テフラの高精度年代測定を試みた例として、火砕流堆積物中の埋没木を用いたウイグルマッチング法を用いた研究が挙げられる。例えば、白頭山火山の 10 世紀頃の噴火に関連する火砕流堆積物から採取した埋没樹木について、噴火による枯死年代を ^{14}C ウイグルマッチング求めた(石塚ほか 2003 名古屋大年代測定センター紀要)やカワゴ平テフラの年代測定(Tani,etal,2013 Radiocarbon)などがあり、これらの結果は 20~30 年の非常に高い精度で暦年決定がされている。ウイグルマッチング法は、樹木年輪に沿って多点数放射性炭素濃度を既知の年代間隔にそって分析することにより、放射性炭素濃度変化曲線にカーブフィッティングを行うことにより高精度暦年補正をする手法である。本手法は長期間放射性炭素濃度曲線がフラットな期間よりもさかのぼる期間について、放射性炭素濃度を連続的に分析することにより、放射性炭素濃度曲線に存在するフラットの問題を回避できる。しかしながら樹木年輪を用いた手法では、カーブフィッティングを行うに十分な年輪数を有する埋没木が採取されることは極めてまれであり、この手法が今後、広く一般に利用する手法となることは難しいという問題があった。そのため、埋没木材以外を用いるテフラの高精度年代決定法を開発する必要があった。

2. 研究の目的

本研究では泥炭試料のウイグルマッチング法という手法に着目をした。木材のウイグルマッチングの場合、暦年代軸に年輪を用いるが、泥炭層のウイグルマッチングでは暦年代軸に泥炭層の堆積速度を用いる。泥炭が堆積するような嫌気的な環境では生物擾乱等も起きにくく、堆積速度が大きく変化しないことが多い。また、堆積速度に変化を生じたとしても、地層累重の法則により、下層の堆積物ほど古い堆積物であることが担保されているため、放射性炭素濃度の変動周期より十分短い年代間隔で試料採取を行えば、精度はやや落ちるがマッチングをすることは可能となる。この手法は試料の入手が極端に困難な大型埋没木の入手に比べて容易であり、また泥炭地は、冷寒帯では存在地域が多い。またテフラの対比さえ確実にできれば試料の採取地も給源火山の遠方でも良いなど多くの利点がある。

先行研究では埋没木を用いる必要があったテフラの超高精度年代決定において、泥炭という比較的入手が容易な試料を用いて、ほぼ同等の高精度年代決定が可能となれば、今後、噴火年代間隔が狭く噴火間隔の推定が困難であったテフラ等について噴火プロセスの考察も可能となる。

本研究では、テフラの年代決定の高精度化のため、テフラを含有泥炭堆積物層のウイグルマッチング法による高精度暦年較正法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

まず、泥炭層のウイグルマッチングが歴史時代の噴出年代の明らかなテフラを用いて本手法の有効性を検証することを第一目標とした。そのために、対象とする泥炭層とターゲットとする年代既知のテフラ層の選定を行った。本研究の検討を行う研究対象地域は、亜寒帯気候帯に属し冷涼な気候で泥炭地が多く存在し、活火山も多い北海道地域を選定した。次に歴史噴火で年代が既知なテフラの選定を行った。樽前火山起源の樽前 a テフラ(Ta-a)テフラに着目をした。Ta-a テフラは、樽前火山の 1739 年噴火に伴って堆積したテフラで、その噴火時期は、文献記録によって、1739 年 8 月から噴火開始したことが記録されており、テフラの堆積時期が正確に判明している。また、泥炭層の放射性炭素前処理法の検討を行った。前処理法は土壌有機物を中心に測定するため塩酸による酸処理処理のみで分析は問題がないことを確認した。

またウイグルマッチング解析法の検討も行った。Blaauw ら(2003, QSR)は、泥炭層の堆積速度が一定期間変化しないと仮定すれば、暦年較正曲線と連続サンプリングした放射性炭素年代値を比較して(ウイグルマッチング)最適な堆積速度及び堆積年を推定できることを示した。まずは Blaauw ら(2003)の手法に合わせて検討を行うことにした。なお、泥炭中の津波堆積物層での堆積物層などでは、バイズ統計を用いた年代解析例なども検討を行い、その結果に関しては共著論文として発表している。

本研究では、まず北海道の北部の猿払湿原の泥炭地において、樽前火山由来の歴史時代のテフラをどの程度精度よく年代決定できるのかを検討した。同湿原は先行研究によって泥炭コア試料が採取されている。また先行研究により Ta-a テフラが同定され、Ta-a 堆積付近の時代の泥炭の堆積環境は安定していることが分かっており、本研究において、泥炭ウイグルマッチングの性能を評価するのに最適な環境であった。それに加えて保存の良い状態の良いコア試料が入手可能であった。そのため、同調査地とコア試料は、本手法の最初の検討に適した試料であり、研究サイトであった。

次年度は本手法がほかの泥炭地にも適用できるかどうかを確認するために、実際に北海道東部の浜中町や根室市の泥炭地(落石湿原、歯舞湿原、茶内湿原)の調査及びサンプリングを行い、同様の分析を行い、応用事例の検討を行った。

4. 研究成果

まずは、前述の通り、噴火年代が明らかなテフラを含む調査地である北海道北部の猿払川の流域の湿原の試料をその検討に用いた。試料は2015年11月に、北海道大学の研究グループが過去に機械式ボーリングの掘削調査も行った際の残試料の内、保存状態の良い柱上試料(試料名: HU-SRN-1)である。この試料は事前に行った予備的な放射性炭素年代測定やその他の分析結果から連続的なサンプリングに成功していることを確認できている年代分析に適した試料である。同地域には噴火年代が史料によって明らかな樽前火山起源の火山灰「樽前-a (Ta-a) テフラ」(1739(元文4)年8月18日~30日噴火)の堆積物が堆積しており、同テフラ含む泥炭層のサンプルを採取し、分析した。当該柱状試料から1cm間隔ごとに泥炭のサブサンプリングを行い、連続放射性炭素分析を行った結果、従来の研究よりも高精度高確度の年代値を得られることが明らかとなった。その結果について、国内学会および放射性炭素年代測定の国際会議にて発表した。

本手法がほかの泥炭地でも同様に適用できるかどうかを確認するために、北海道東部の浜中町や根室市の泥炭地において同様のことをおこなった。浜中町の茶内湿原でも樽前火山起源の火山灰「樽前-a (Ta-a) テフラ」の堆積物が明瞭に堆積しており、その試料の連続放射性炭素分析を行った結果、こちらの泥炭層でも同様に高精度高確度の年代値を得られることが明らかとなった。複数地点の複数環境で、本手法の有効性を確かめることができた。また本手法の検討に用いたテフラは江戸時代に噴火したテフラであり、従前の1試料のみを用いた暦年較正法では十分な年代決定ができなかった試料であるが、数十年の年代決定精度で暦年較正が可能であることを明らかにした。テフラの高精度放射性炭素年代測定には、問題があったが、本研究では、それを克服するために泥炭層のウイグルマッチング法という新手法をテフラの年代決定に適用することで高精度な年代決定が行える可能性を示した。泥炭地は北海道等の亜寒帯や山間部に多く分布し、テフラ年代の高精度化に広く応用が可能な手法となることが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Obrochta S.P., Yokoyama Y., Yoshimoto M., Yamamoto S., Miyairi Y., Nagano G., Nakamura A., Tsunematsu K., Lamair L., Hubert-Ferrari A., Loughheed B.C., Hokanishi A., Yasuda A., Heyvaert V.M.A., De Batist M., Fujiwara O.	4. 巻 200
2. 論文標題 Mt. Fuji Holocene eruption history reconstructed from proximal lake sediments and high-density radiocarbon dating	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Quaternary Science Reviews	6. 最初と最後の頁 395 ~ 405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quascirev.2018.09.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yamamoto Shinya, Uchiyama Takashi, Miyairi Yosuke, Yokoyama Yusuke	4. 巻 119
2. 論文標題 Volcanic and environmental influences of Mt. Fuji on the ^{13}C of terrestrially-derived n- alkanoic acids in sediment from Lake Yamanaka, central Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Geochemistry	6. 最初と最後の頁 50 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orggeochem.2018.02.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yokoyama Yusuke, Miyairi Yosuke, Aze Takahiro, Yamane Masako, Sawada Chikako, Ando Yuka, de Natrix Maaiké, Hirabayashi Shoko, Ishiwa Takeshige, Sato Naomi, Fukuyo Naoto	4. 巻 455
2. 論文標題 A single stage Accelerator Mass Spectrometry at the Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 311-316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.nimb.2019.01.055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ishizawa Takashi, Goto Kazuhisa, Yokoyama Yusuke, Miyairi Yosuke	4. 巻 412
2. 論文標題 Non-destructive analyses to determine appropriate stratigraphic level for dating of tsunami deposits	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Geology	6. 最初と最後の頁 19 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.margeo.2019.02.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitamura A., Ito M., Sakai S., Yokoyama Y., Miyairi Y.	4. 巻 403
2. 論文標題 Identification of tsunami deposits using a combination of radiometric dating and oxygen-isotope profiles of articulated bivalves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Geology	6. 最初と最後の頁 56-61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.margeo.2018.04.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 嵯峨山 積, 近藤 玲介, 重野 聖之, 横田彰宏, 宮入 陽介, 百原 新, 富士田 裕子, 矢野 梓水, 横山 祐典	4. 巻 72(1)
2. 論文標題 北海道北部猿払村の沖積層コアの珪藻分析 - 塩分指数と電気伝導度の検討 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地球科学	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishizawa Takashi, Goto Kazuhisa, Yokoyama Yusuke, Miyairi Yosuke, Sawada Chikako, Takada Keita	4. 巻 364
2. 論文標題 Reducing the age range of tsunami deposits by ¹⁴ C dating of rip-up clasts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 334 ~ 341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.sedgeo.2017.09.008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishizawa Takashi, Goto Kazuhisa, Yokoyama Yusuke, Miyairi Yosuke, Sawada Chikako, Nishimura Yuichi, Sugawara Daisuke	4. 巻 41
2. 論文標題 Sequential radiocarbon measurement of bulk peat for high-precision dating of tsunami deposits	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Quaternary Geochronology	6. 最初と最後の頁 202-210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quageo.2017.05.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Behrens Bethany、Miyairi Yosuke、Sproson Adam D.、Yamane Masako、Yokoyama Yusuke	4. 巻 34
2. 論文標題 Meltwater discharge during the Holocene from the Wilkes subglacial basin revealed by beryllium isotope analysis of marine sediments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Quaternary Science	6. 最初と最後の頁 603 ~ 608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jqs.3148	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Prothro Lindsay O.、Majewski Wojciech、Yokoyama Yusuke、Simkins Lauren M.、Anderson John B.、Yamane Masako、Miyairi Yosuke、Ohkouchi Naohiko	4. 巻 230
2. 論文標題 Timing and pathways of East Antarctic Ice Sheet retreat	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quaternary Science Reviews	6. 最初と最後の頁 106166 ~ 106166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quascirev.2020.106166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamane Masako、Yokoyama Yusuke、Hirabayashi Shoko、Miyairi Yosuke、Ohkouchi Naohiko、Aze Takahiro	4. 巻 455
2. 論文標題 Small- to ultra-small-scale radiocarbon measurements using newly installed single-stage AMS at the University of Tokyo	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 238 ~ 243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.01.035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fukuyo Naoto、Yokoyama Yusuke、Miyairi Yosuke、Igarashi Yusuke	4. 巻 61
2. 論文標題 AMS Dating of Potentially the Oldest Wooden Sculptures in Japan from a Shinto Shrine in Akita	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 1221 ~ 1228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/RDC.2019.31	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kajita Hiroto, Harada Naomi, Yokoyama Yusuke, Sato Miyako, Ogawa Nanako, Miyairi Yosuke, Sawada Chikako, Suzuki Atsushi, Kawahata Hodaka	4. 巻 230
2. 論文標題 High time-resolution alkenone paleotemperature variations in Tokyo Bay during the Meghalayan: Implications for cold climates and social unrest in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quaternary Science Reviews	6. 最初と最後の頁 106160 ~ 106160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quascirev.2019.106160	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto Shinya, Miyairi Yosuke, Yokoyama Yusuke, Suga Hisami, Ogawa Nanako O, Ohkouchi Naohiko	4. 巻 62
2. 論文標題 Compound-Specific Radiocarbon Analysis of Organic Compounds from Mount Fuji Proximal Lake (Lake Kawaguchi) Sediment, Central Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 439 ~ 451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1017/RDC.2019.158	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計6件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 宮入陽介、近藤玲介、横田 彰宏、重野聖之、富士田裕子、横山祐典
2. 発表標題 泥炭ウイグルマッピングを用いた高精度14C年代決定 -樽前火山(Ta-a) テフラを用いた検証-
3. 学会等名 日本第四紀学会2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮入 陽介、近藤 玲介、富士田 裕子、横山 祐典
2. 発表標題 泥炭試料を用いた湿原堆積物の高精度放射性炭素年代決定
3. 学会等名 日本地球惑星連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yosuke Miyairi, Reisuke Kondo, Hiroko Fujita, Yusuke Yokoyama
2. 発表標題 Sequential radiocarbon measurement on peaty sediments to reconstruct high precision age model of marsh deposits
3. 学会等名 The 23rd International Radiocarbon Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮入 陽介、近藤 玲介、横田 彰宏、重野 聖之、富士田 裕子、横山 祐典
2. 発表標題 泥炭ウイグルマッチングを用いた高精度14C年代決定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yosuke Miyairi, Reisuke Kondo, Hiroko Fujita, Yusuke Yokoyama
2. 発表標題 Sequential 14C age measurements on peaty sediments to reconstruct high precision age model of marsh deposits
3. 学会等名 The 20th Congress of the International Union for Quaternary Research (INQUA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮入 陽介、近藤 玲介、横田 彰宏、富士田 裕子、横山 祐典
2. 発表標題 泥炭ウイグルマッチングを用いた高精度14C火山噴火年代決定の可能性の検討
3. 学会等名 日本第四紀学会2019年大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	近藤 玲介 (Kondo Reisuke) (30409437)	皇學館大学・教育開発センター・准教授 (34101)	
連携 研究者	横山 祐典 (Yokoyama Yusuke) (10359648)	東京大学・大気海洋研究所・教授 (12601)	