

卓上 NMR 装置で母乳中の乳糖を正確に測る新技術を開発

～母乳中の主要栄養成分を「正しく」調べる技術で、一人ひとりに合わせた栄養管理に貢献～

ポイント

- ・小型の NMR（核磁気共鳴）装置を使い、母乳中の「乳糖（ラクトース）」を正確に測る方法を開発。
- ・測定の際になる物質の影響を除く計算式を作り、大型の精密分析装置と同等レベルの正確さを実現。
- ・病院の現場で母乳の状態を迅速に確認したり、最適な栄養管理を行ったりすることへの活用期待。

概要

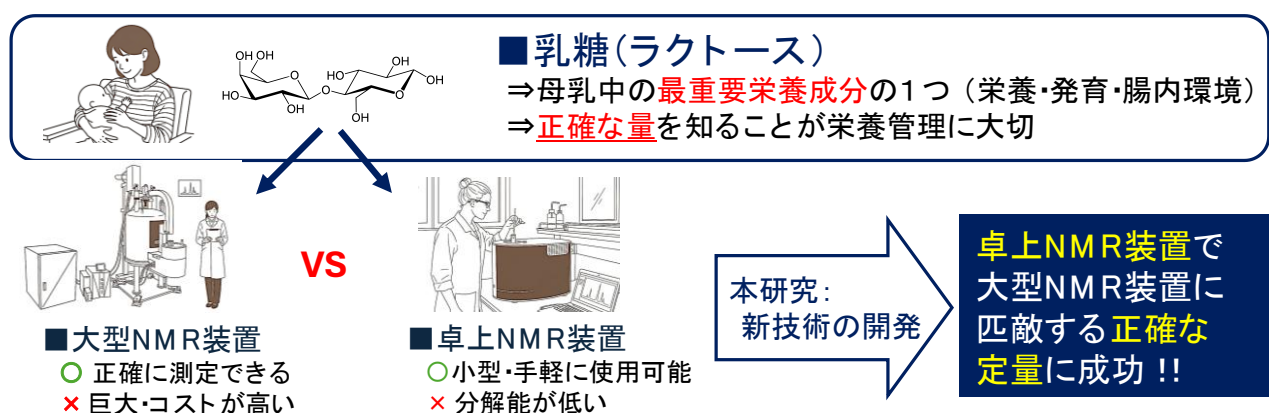
北海道大学大学院先端生命科学研究院の相沢智康教授らの研究グループは、実験台の上に置けるコンパクトな分析装置である卓上型 NMR（核磁気共鳴）装置^{*1}を使って、母乳に含まれる重要な栄養素「乳糖（ラクトース）^{*2}」の量を、簡単かつ極めて正確に測定する新しい方法を開発しました。

母乳に含まれる乳糖は、赤ちゃんの成長に重要な栄養素です。しかし、医療現場で従来使われている分析器では、乳糖と構造が類似した成分を区別して測ることができず、その成分が多く含まれる授乳初期の母乳（初乳^{*3}）では、乳糖の量を実際よりも多く見積もってしまうという問題がありました。

研究グループは、卓上型の NMR 装置に着目しました。この装置で得られるデータから邪魔な信号を取り除く「新しい計算式」を開発したことで、大型の超精密装置とほぼ変わらない正確さで乳糖の量を測ることに成功しました。この方法を使って出産の時期ごとに母乳を調べたところ、初乳から日が経つにつれて乳糖が増えていく様子をしっかりと捉えることができました。

この技術が普及することで、病院や小規模な施設でも「お母さんの母乳の状態」をすぐに確認できるようになり、一人ひとりの状態に合わせた授乳のアドバイスができるようになると期待されます。

なお、本研究成果は、2026 年 5 月 12 日（火）公開の Microchemical Journal 誌にオンライン掲載されました。



本研究で開発に成功した母乳中の乳糖（ラクトース）の精密分析技術

【背景】

母乳の中で最も多く含まれる炭水化物が「乳糖（ラクトース）」です。乳糖は赤ちゃんの成長に必要なエネルギーになるだけでなく、骨をつくるカルシウムの吸収を助けたり、おなかの調子を整えたりする大切な働きをしています。母乳中の乳糖の量は、出産直後の「初乳（しょにゅう）」では少なく、日が経つにつれて増えていき、やがて一定の量へと変化します。そのため、母乳中の乳糖の量を調べることは、母乳が順調に出ているかや、お母さんの体の状態がどうかを知るための良い目印になります。

現在、病院などで使われている母乳分析器は赤外線を利用していますが、構造がよく似ているが役割がまったく異なる「母乳オリゴ糖」と「乳糖」を正確に区別できません。特にこのオリゴ糖がたくさん含まれる初乳では、乳糖の量を実際より過大に測定してしまうという課題がありました。

分子の形を直接見分けることができる「超伝導 NMR（核磁気共鳴）装置」という機器を使えば正確に測定できますが、これまでは専門の実験室を占有するような大型で高額な装置が必要でした。近年、卓上に置ける小型の NMR 装置が登場しましたが、大型装置に比べて「成分を見分ける精度（分解能）」が低いため、様々な成分が混ざり合った母乳のようなサンプルを正確に測ることは非常に難しいと考えられていました。

【研究手法】

研究グループは、大型の超伝導 NMR 装置での精密なデータを基にすることで、小型の卓上型 NMR 装置を用いても、母乳の中の乳糖を正確に測る技術の開発に挑みました。

母乳の大部分は「水」であるため、そのまま測定すると水の影響が強すぎて乳糖の信号が隠れてしまいます。そこで研究グループは、水の影響だけをうまく打ち消す測定条件を最適化しました。

さらに、データ上で乳糖と混ざり合ってしまう母乳オリゴ糖成分の影響を打ち消す計算方法を新しく作りました。この成分にだけ現れる特定の目印（フコースメチル基の信号）を利用して、「乳糖のデータにどれくらい別の成分が混ざり込んでいるか」を算出し、差し引いて補正する仕組みです。

この計算方法が本当に正しいかを確認するため、北海道岩見沢市の母子コホート研究（SMILE Iwamizawa）に協力していただいたお母さんから、時期別（初乳、産後 1 ヶ月、産後 4～5 ヶ月）に提供いただいた母乳を使って、大型の超伝導 NMR 装置で測った結果と比べました。

【研究成果】

新しく開発した補正計算を使うことで、小型の卓上型 NMR 装置で測った数値が、大型で精密な測定が可能な超伝導 NMR 装置で測った数値と「極めて高いレベルで一致する（非常に高い相関がある）」ことを確認しました。もしこの補正を行わないと、阻害成分が多い初乳などでは平均で約 20%（最大で約 63%）も乳糖の量を多く見積もってしまうことが分かり、今回の技術が正確な測定に不可欠であることが実証されました。

また、時期ごとの母乳を分析した結果、初乳から産後 1 ヶ月にかけて乳糖の濃度が大きく増え、その後安定していく様子や、初乳の段階ではお母さんごとに乳糖の量の個人差（ばらつき）が大きいこともはっきりと捉えられました。小型の卓上装置であっても、母乳の変化や個人差を十分に追跡できることが証明された形です。

【今後への期待】

今回開発した測定方法は、大がかりな施設や専門の分析室を必要としないため、病院の小児科や

NICU（新生児集中治療室）、小さな研究室でも母乳の成分を手軽に調べる新しい道具として活用されることが期待されます。

母乳中の乳糖の量が正確に分かるようになれば、「母乳の栄養状態」を的確に把握したり、赤ちゃんの成長に合わせて最適な授乳計画を立てたりすることができます。また、施設ごとの測定のばらつき（ズレ）をなくし、信頼性の高い「母乳の栄養データベース」構築にも貢献します。

【謝辞】

本研究は文部科学省「NMR プラットフォーム」事業の一環として北海道大学先端 NMR ファシリティの装置を使用して実施されました。また、北海道大学大学院医学研究院の玉腰暁子教授及び同大学大学院先端生命科学研究院の中村公則教授を中心に推進された、COI プログラム「食と健康の達人」、COI-NEXT プログラム「こころとカラダのライフデザイン」、並びに北海道岩見沢市における母子健康調査（SMILE-Iwamizawa）への参画による研究成果の一環です。関係各位に深く感謝申し上げます。

論文情報

論文名	Benchtop NMR-based lactose quantification in human milk: correction of oligosaccharide interference and comparison with high-field NMR（卓上 NMR を用いたヒト母乳中ラクトースの定量：オリゴ糖による干渉の補正と高磁場 NMR との比較）
著者名	Jiaxi Jiang ¹ 、Zhiyan Hu ¹ 、阿部 潤 ¹ 、Thanawat Thumrongtaradol ¹ 、赤坂美穂 ¹ 、大西裕季 ¹ 、長田誠司 ² 、新井達也 ³ 、久米田博之 ³ 、熊木康裕 ⁴ 、山内一夫 ⁵ 、清水由宇 ³ （研究当時）、横井友樹 ³ 、中村公則 ³ 、綾部時芳 ^{3,6} 、中村幸志 ⁷ 、木村尚史 ⁸ 、玉腰暁子 ⁸ 、相沢智康 ³ （ ¹ 北海道大学大学院生命科学院、 ² 株式会社中山商事、 ³ 北海道大学大学院先端生命科学研究院、 ⁴ 北海道大学大学院理学院、 ⁵ 新潟大学研究推進機構、 ⁶ 北海道大学産学・地域協働推進機構、 ⁷ 琉球大学大学院医学研究科、 ⁸ 北海道大学大学院医学研究院）
雑誌名	Microchemical Journal（分析化学の専門誌）
D O I	10.1016/j.microc.2026.118371
公表日	2026 年 5 月 12 日（火）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学大学院先端生命科学研究院 教授 相沢智康（あいざわともやす）

T E L 011-706-3806 F A X 011-706-3806 メール aizawa@sci.hokudai.ac.jp

U R L <https://altair.sci.hokudai.ac.jp/g5/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【用語解説】

- *1 卓上 NMR（核磁気共鳴）装置 … テーブルや実験台の上に置けるコンパクトな分析装置のこと。磁石の力で分子の形を調べる。超伝導磁石を用いた大型の装置に比べて安価で扱いやすいが、成分を見分ける細かさ（分解能）がやや低い。
- *2 乳糖（ラクトース） … 母乳や牛乳に多く含まれる糖類の一種で、赤ちゃんの成長に欠かせない主

要なエネルギー源。腸内の善玉菌を増やして腸内環境を整えるほか、カルシウムの吸収を助ける働きもある。

- *3 初乳（しょにゅう） … 出産後、数日間（およそ 5 日目くらいまで）に出る一番最初の母乳のこと。赤ちゃんを病気から守る成分や母乳オリゴ糖が非常に多く含まれているが、乳糖の量はまだ控えめである。