



## 人類の身長・体重の長期的変遷と農耕や牧畜導入の関係

狩猟採集生活から農耕・牧畜への転換は、人類の健康に大きな影響を与えた可能性があります。今回は、米国科学アカデミー紀要に2023年1月発表された論文を紹介し（Stock, J.T. et al, PNAS 2023, vol120 no4: e2209482119）。完新世（約1万1,700年前から現在までの期間）における世界7地域、366か所の考古学遺跡で発掘された3,507体の遺骨から身長と体重を分析し、その長期的な変化を調査した結果、中央・北ヨーロッパでは、成長しても乳糖を消化できるラクターゼ生成が持続する遺伝子を持つ民族の広がりとともに、身長と体重が増加したことがわかりました。

### 農耕牧畜民の身長はいったん低下し、その後上昇

新石器時代（約1万年前以降）の農耕牧畜民の身長は、狩猟採集を主たる生業にしていた中石器時代（およそ紀元前2万年～1万年）の狩猟採集民よりも低かったことが分かっています。この理由として様々な説があり、第一に、狩猟採集民は様々な動植物を食べていたのに対し、農耕牧畜民は生産性の高い作物（穀物など）を食べるようになり、たんぱく質主体の食事から炭水化物主体となり、摂取栄養が低下したためとする説。第二は、農耕牧畜民の社会では人口が密集し、栄養状態が低下したことにより人畜共通の感染症が有病率を上げたことなどが考えられています。しかし、狩猟採集と農耕牧畜は、きっちり分けられるわけではなく、数百～数千年にわたり徐々に移行したものであり、これらの考え方では完全には説明できません。また、祖先のDNA解析からヨーロッパにおける人々の身長を推定した結果と、遺骨の大きさを直接測定した結果から、農耕牧畜民の身長は一旦低下しましたが、新石器時代（約1万年前頃）と青銅器時代（紀元前3,300~1,200年）の間に上昇したことが示されています。また、約1万年前から家畜の乳を採取する酪農が始まり、乳糖不耐の問題はあったと考

えられますが、ヨーグルトやチーズに加工することで摂取可能になったと考えられます。一方で、一般的に人は乳児期以降、乳糖分解酵素（ラクターゼ）が生成されなくなりますが、その持続によって未加工の乳を摂取できることは、ヨーグルトやチーズへの加工で消失してしまう乳中のインスリン様成長因子（IGF-1）の摂取につながり、体位を成長させたという考え方もあります。その後、こうしたラクターゼの生成が成長しても持続する遺伝子を持った民族が発生し、ヨーロッパの一部や東アフリカで広がりました。このように古代から現在に至る人類の身体的特徴の変化と生業や文化の変化との関係は複雑で、これらの関係について、この論文は考察しています。

### 地中海東部地域

世界各地の変遷をみると、地中海東部沿岸に住んでいた先住民は、農耕が始まる前であるにも関わらず、定住あるいは定住に近い生活をしていました。しかし、約1万3,000年前に北半球の高緯度で起こり、数十年間続いたヤングアドリアス寒冷期に穀物栽培が拡大し、1万1,000年前までには穀物の集約的利用や貯蔵が行われ、約1万～8,000年前には大規模な定住化が起こりました。

しかし、自給自足のために狩猟採集が引き続き重要であったことは明らかで、この地域における生業の移り変わりは複雑でした。この地域では2万～9,000年前に男性の身長が著しく低下し、その後3,000年前までは安定していました。一方、女性の身長は男性に比べ安定していましたが、体重は低下傾向を示しています。

## 西南アジア

西南アジアでは、約1万年前以降に牧畜から農耕生活へ生業が転換し始めました。農作と家畜の飼育は、完新世の前期を通してさまざまな時期に世界各地で、それぞれ別個に始まったと考えられています(注：乳の利用は西南アジアにおいて約1万年前に一元的に始まり、ヨーロッパ方面とアジア方面に伝播したという一元二極化説も知られています)。一方、農業は人々の移動と文化伝播によってもヨーロッパなどの他地域へ広がりました。この地域では1万～8,000年前に体重が減少しています。

## 南ヨーロッパ

ヨーロッパにおける農業の導入は、地域や時期によって異なり、南ヨーロッパでは、8,000～7,500年前の間に農業への転換が急速に進みました。気候条件が南西アジア原産の植物の栽培に適していたことに加え、周辺地域への移住により狩猟採集民の文化が変化したためと考えられています。この時期の人々の身長と体重は低下しています。

## 中央ヨーロッパ

中央ヨーロッパでは、主にバルカン半島からの移住により農耕生活がもたらされました。しかし、南西アジアを起源とする農作物を北方地域で栽培するのは難しかった可能性があり、紀元前5,500～4,500年頃は中央・北ヨーロッパに農業が伝播した時期であるにもかかわらず、作物の多様性が低下しました。一方、牧畜によって牛乳や乳製品が生まれ、民族全体にラクターゼ生成を持続させる遺伝子を持つ人が増えました。その結果、8,000～5,000年前、男性の身長と体

重は増加し、女性の身長も増加しましたが、体重は安定していました。

## 北ヨーロッパ

北ヨーロッパの高緯度地域では気温が低く農作物の栽培は遅れましたが、狩猟採集民と農耕民との緊密な接触が行われました。7,000年前から男女とも身長が伸びたものの、体重は減少しました。しかし、2,000年前からは体重も増加に転じました。中央および北ヨーロッパでは作物の収穫が不安定であったため、1万年前頃から家畜の飼育と牛乳の摂取が始まりました。北ヨーロッパで農耕生活への移行が遅れたのは、約6,000～2,000年前にかけてラクターゼ生成を持続させる遺伝子が選択され、広がったためと考えられています。

## バルト海沿岸

約7,400年前のバルト海沿岸地域は、狩猟採集が引き続き行われる一方で、陶器製造が始まりました。食生活には大きな変化はなく、大規模な農業は約4,000年前までは行われていませんでした。男女とも6,000年前あたりから身長・体重ともに増加傾向ですが、女性の身長は2,000年前頃から低下しました。

## スカンジナビア地域

長く狩猟採集生活が行われたスカンジナビア地域では、採集民と農耕民という異なる遺伝系統が生まれ、約4,000年前までに文化が徐々に拡散して食生活が変化しました。7,000年前頃から男性の身長が伸びましたが、2,000年前あたりから低下しました。男性の体重は4,000年前から増加しましたが、2,000年前から安定しています。女性の身長と体重は男性と似た変化を示していますが、2,000年前からは体重は減少しています。

## イギリス

イギリスでは、スカンジナビア地域やバルト海沿岸地域と異なり、ヨーロッパ大陸中央部から移住してきた農耕民が狩猟採集民と完全に入れ

替わりました。男性の身長には大きな変動はありませんが、体重は5,000年前頃から増加傾向となっています。女性の身長は低下傾向ですが、体重は安定していました。しかし、2,000年前から若干減少しています。

## ナイル川流域

ナイル川流域での農業は約7,500年前から始まりましたが、栽培されていた作物はナイル地方の原産種ではなく外来種でした。また、ナイル川流域で見られたラクターゼを持続させる遺伝子の拡散は、過去に起こった自然選択と南西アジアからの遺伝子を持った人の流入によると考えられています。身長と体重の推移は9,000～4,000年前にかけて変動が大きかったものの、長期的な一定の傾向はみられていません。

## 長江下流域

1万300～8,700年前の間に、長江下流の地域ではキビやアワなどの在来作物の栽培を行っており、6,900～6,600年前に稲の栽培も行われていた他、豚の飼育も行われていました。中国では、3,000年前から女性の身長が低下した以外は、完新世を通じて身長はおおむね一定していました。体重は、完新世前期に比較的安定していましたが、その後、男性では5,000～2,000年前の間に増加し、女性では3,000～1,000年前まで増加していました。

## 南アジア

南アジアの食生活変化は複雑で、9,000年前に土器が作られ米の栽培が始まりましたが、定住化した村と農業への依存が明確に証明されるのは、4,000年前以降のことです。身長は男女とも完新世で著しく低下する傾向が見られています。体重は、完新世の前半で男性が増加しており、女性は減少したように見えます。そして、男性の推定体重は4,000年前から大きく減少しています。

約7,000年前にインダス地域で独自に牛の飼育がおこなわれ、この地域の北西部ではラクターゼ生成を持続させる遺伝子の発現頻度が高く、インド亜大陸の南部と東部では非常に低いことが

わかっています。インドの牧畜民は、カースト制度の身分が高い人より身長が高く、これが牛乳摂取によるものではないかと言われています。

農耕と牧畜を中心とした生業の変遷と人類の身体的特徴の経時的な変化の概略を地域ごとに図に示しました。

## データは“ラクターゼ成長仮説”を支持

地中海東部沿岸およびヨーロッパにおける牧畜の起源と普及は、約1万年前の陶器に、乳脂肪に特徴的な脂質パターンが検出されており、広く酪農が行われていたことが分かっています。さらに、北ヨーロッパで発掘された5,000年前の遺骨の歯石からβ-ラクトグロブリンの痕跡が見つかり、牛乳や乳製品を摂取していたことが分かります(注：ヒトの乳にはβ-ラクトグロブリンが含まれないのに対し、牛乳やヤギ、ヒツジなど動物乳にはβ-ラクトグロブリンが含まれているので、動物乳を摂取していた証拠となります)。ラクターゼの生成を持続させる遺伝子を人類が持つことで酪農が行われ、牛乳を摂取したため、農耕には不利な地域でも人類が進化できたのではないかと考えられます。

今回の研究をまとめると、ほとんどの地域で農業が行われる以前から体重が減少し、時間と共に遺伝子の表現型が変動しています。このような変化は、単純な動植物の飼育・栽培に依存する生業の変化では説明ができません。人口の増大、遺伝子の多様化、社会経済的な違いなどが組み合わさって引き起こされたと考えられます。8,000～5,000年前に中央ヨーロッパで身長が上昇していますが、これはラクターゼ生成を持続させる遺伝子を持つ民族が支配的となり、7,000～4,000年前に北ヨーロッパにも広がったためと考えられ、成長しても乳糖を分解吸収できる能力があるため、牛乳摂取が容易となり、栄養状態が向上し体位が向上するという考え方の「ラクターゼ成長仮説(LGH)」を支持する現象です。

しかしながら、男女で異なる傾向があり、女性は体重の性的二型(注：生殖器官以外に雌雄の差をはっきり区別できるものを性的二型と呼び、体格や体全体の構造が異なる場合もあれば、どちらかに特殊な構造が出現する場合

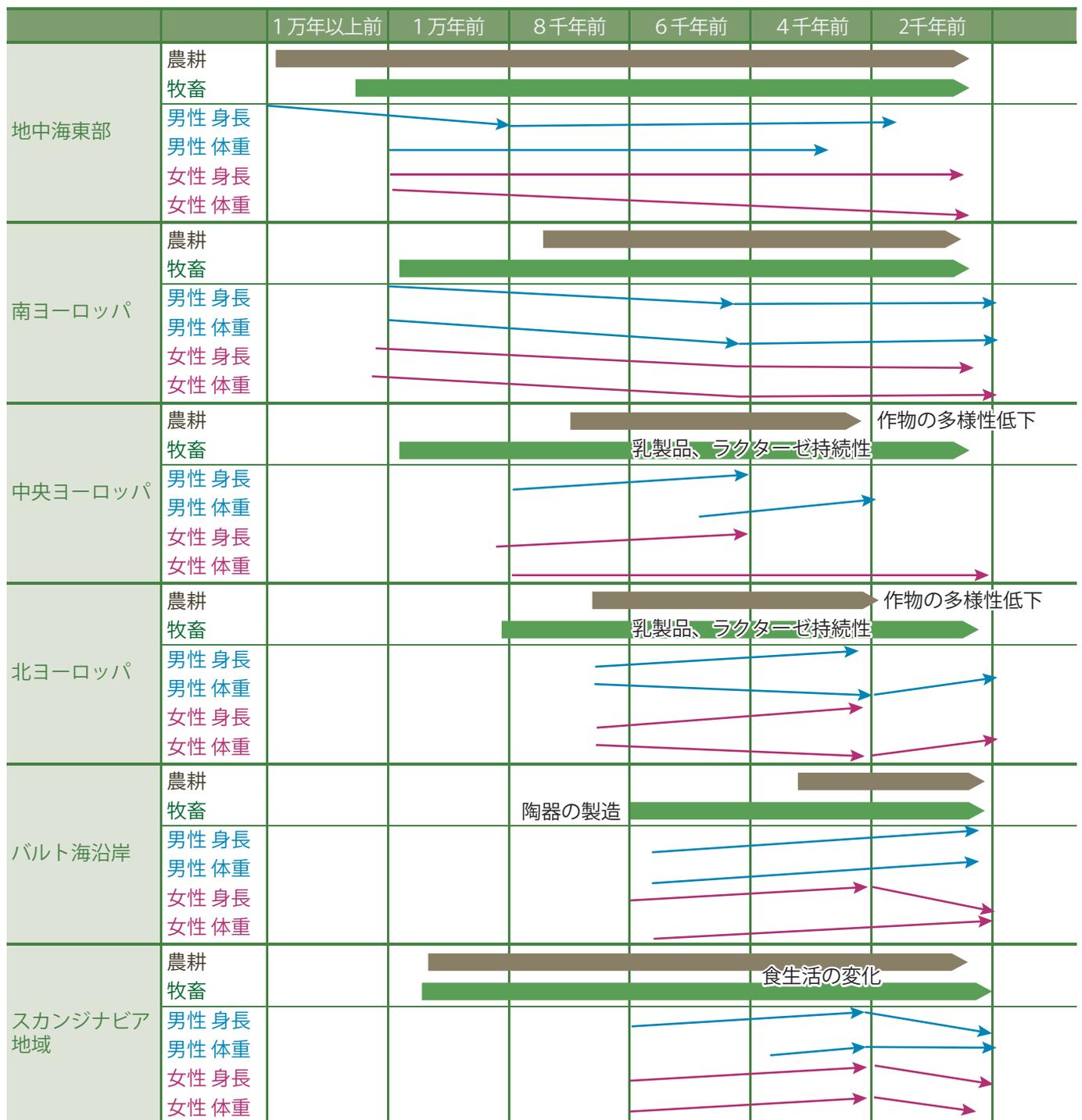
もある)により、環境ストレスによる体格変化への影響を受けにくいとも考えられます。つまり、男性は幼児期の栄養状態が成長に影響しますが、女性の場合、生殖に先立って見られる女性特有の身体的状況(胎児成長に関係する除脂肪量や授乳に関係する脂肪量の変化)は遺骨骨格から推定される体格には影響が現れない可能性があります。

ラクターゼ生成を持続させることが身体的特

徴に影響を及ぼした可能性は高いと考えられますが、現時点では他の要因も考慮する必要があります。長期的な傾向を捉えるためには生物考古学、祖先DNAによる表現型のデータ、古生物学、考古学など様々な視点に基づき、完新世の文化・食生活の変遷を時空間的に捉えた幅広いデータを統合して調べる必要があります。

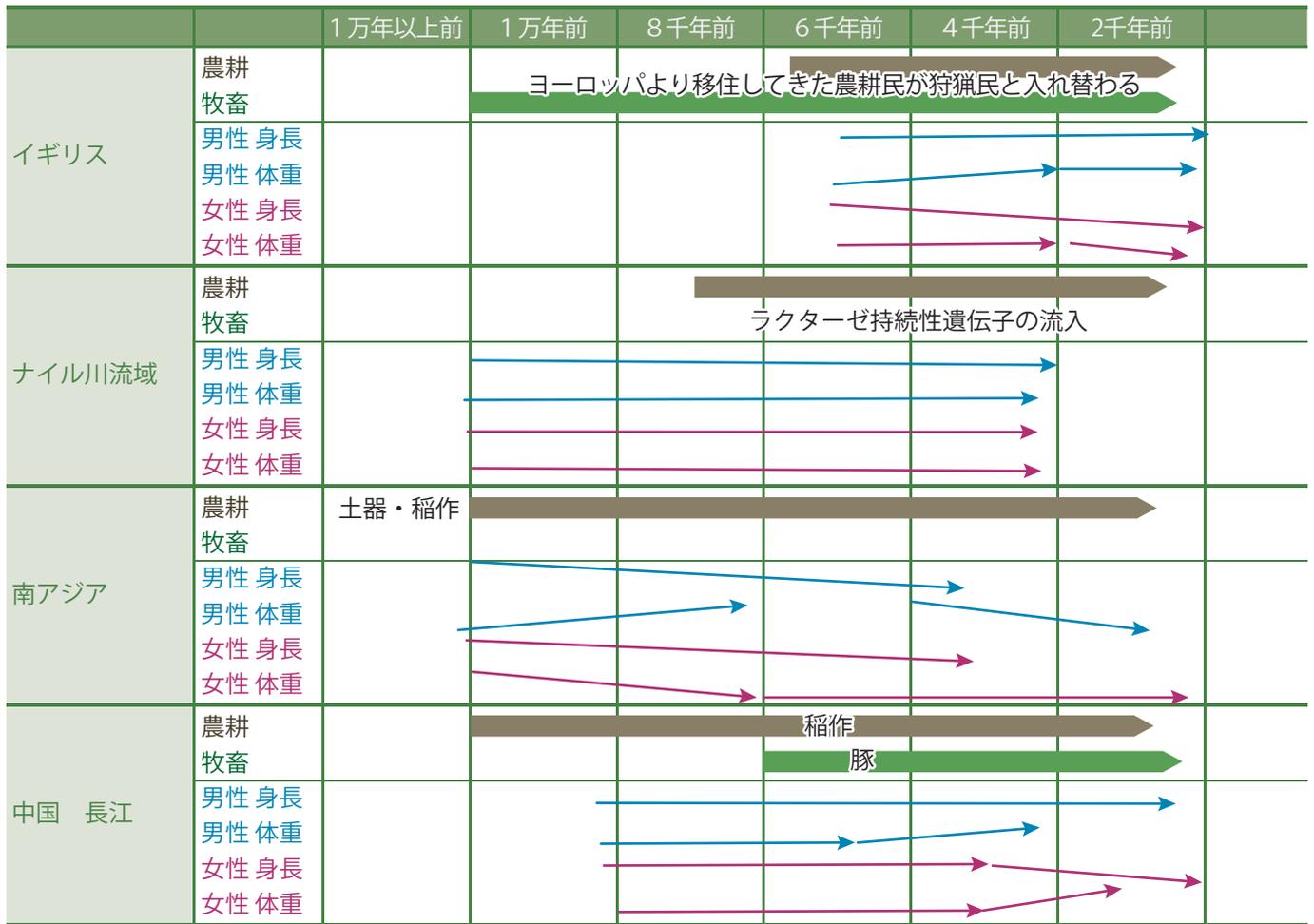
(堂迫 俊一)

図 人類の生業と体位の経時的变化(概略①)



Stock, J.T. et al, PNAS 2023, vol120 no4: e2209482119 を参考に作成

図 人類の生業と体位の経時的変化(概略②)



Stock, J.T. et al, PNAS 2023, vol120 no4: e2209482119 を参考に作成

ACADEMIC RESEARCH Update とは

牛乳・乳製品摂取が私たちの健康に及ぼす影響は、古くから膨大な数の研究が国内外で行われてきました。これらの研究から、社会的にも信頼度の高い学術誌に掲載された最新論文について、何が新しく、どのような乳の価値向上に貢献する研究なのかをわかりやすく解説します。なお、本誌内容は Web サイトや発行物、各種媒体物等での転載を禁止いたします。