

サーモグラフィを用いた咀嚼時における 顔表面温度の測定と定量方法の検討

Study of Measurement and quantification method for during mastication facial skin temperature by thermography

中村秀貴, 高橋 圭, 松田秀人¹⁾, 辻とみ子

Hidetaka NAKAMURA, Kei TAKAHASHI, Hideto MATSUDA¹⁾, Tomiko TSUJI

咀嚼は咀嚼筋の運動によって行われる。咀嚼筋が運動することにより筋肉が発熱し、皮膚温が上昇すると考えられる。そこで、本研究ではサーモグラフィで咀嚼による顔表面温度の変化を測定し、温度分布の定量方法を構築することを目的とした。温度帯ごとの面積割合を求めることで定量化を図った。その面積割合と咀嚼経過時間との相関をみた結果、咀嚼に伴って31°Cから35°C以上の面積割合の増加に正の相関 ($p<0.05$) がみられた。以上のことから、本研究で用いた定量方法はサーモグラフィを用いた咀嚼時の筋活動の判定に有用であることが示唆された。

Mastication is performed by the movement of the masticatory muscle. It is thought that the muscles exercise, causing the muscles to generate heat and the skin temperature to rise. Therefore, in this study, we aimed to measure change of facial skin temperature by masticating by thermography and construct a method of quantitating temperature distribution. We tried to quantify by calculating the area ratio per temperature zone. As a result of correlation between the area ratio and the masticating elapsed time, a positive correlation ($p<0.05$) was found in the area ratio increase from 31°C to 35°C or more with mastication. From the above, it was suggested that the quantification method used in this study is useful for determining muscle activity during mastication using thermography.

キーワード：咀嚼，サーモグラフィ，顔表面温度

Key word: mastication, thermography, facial skin temperature

1. 緒言

これまで咀嚼時の筋活動は筋電図を用いた直接的な測定が数多く報告されている¹⁻⁴⁾。しかし、この方法ではセンサー貼り付けに伴い被験者へ不快感を与えるほか、センサーのランニングコストやセンサー貼り付け位置の微妙な違いにより得られる結果に差が生じるなどのデメリットが挙げられる。

いっぽう、間接的な筋活動の測定法としてサーモグラフィが考えられる。筋活動は筋の収縮によって行われ、力学的エネルギー（仕事）と熱に変えられる⁵⁾。その温度上昇をサーモグラフィを用いて間接的に測定している研究報告は筋電図法に比べ数少ない。この方法であ

れば、写真を撮影する感覚であるため被験者への不快感はなく、何回も繰り返し測定が可能である。また、センサーのランニングコストを解消することができ、撮影の角度等に気をつければ得られる結果に統一性があるなどのメリットが挙げられる。

Berryら⁶⁾はサーモグラフィで咀嚼時の顔表面温度分布の測定を行い、咀嚼と共に顔表面温度が変化することを明らかにしたが、その変化を定量化していないためどのような変化が起こったのかや、その変化が有意であったのかは不明である。

そこで本研究ではサーモグラフィを用いて咀嚼時の顔表面温度分布の測定を行い、その温度分布面積を求めて

¹⁾ 名古屋文理大学短期大学部

サーモグラフィから得られた情報を定量化する方法の構築を目的とした。

2. 被験者および方法

2-1. 被験者

被験者は本研究内容を理解し参加に同意した健康な女子大学生40名（平均年齢 20.4 ± 0.7 歳）である。

本研究実施にあたり名古屋文理大学倫理委員会の承認（第40番）を受けた。

2-2. 測定機器

顔表面の温度測定は赤外線サーモグラフィカメラ InfReC Thermo GEAR G100（日本アビオニクス社）を用いた。画素数は 320×240 である。（図1）



写真：日本アビオニクス㈱

図1 赤外線サーモグラフィカメラ

2-3. 測定方法

エアコンディショニングにより室温 25°C に保たれた部屋で行った。被験者へは、ガム咀嚼前の5分間は私語を禁止し安静状態を保たせた。また、化粧などは禁止とし頭髪等が顔にかからない様に手術用キャップを被らせ測定部位を露出させた。（図2）

被験者には、歯科用キシリトールガム（ロッテ社）をメトロノームの音に合わせて1秒に1回の速度で15分間自由咀嚼をさせた。



図2 測定部位の露出状況

赤外線サーモグラフィカメラでの皮膚温測定は、顔の正面と左右の側面を測定するため被験者を回転式の椅子に座らせた。測定のタイミングはガム咀嚼前、咀嚼開始5分後、10分後、15分後の4つの時点で行った。測定時は被験者とカメラの間に幅90cmの机を挟んで行き、同一距離となるようにした。

2-4. 解析方法

習慣的によく使用する側（主咀嚼側）とそうでない側（副咀嚼側）が存在するため、顔表面温度分布の解析には左右の顔側面から取得したデータを用い、正面からの測定データは使用しなかった。

まず、付属の熱画像解析ソフトウェア（InfReC Thermography Studio）を用いて撮影タイミングごとの画像に対し、下限温度表示を 30°C から 36°C まで 1°C きざみに上昇させ、下限温度以上の部分がサーモグラフィの有彩色画像として表示されるように処理を行った。（図3）その後、画像処理ソフトウェア（Image J）を用いて額から手術用キャップの下部に沿って耳までと耳たぶから下顎に沿ってトリミングを行いキャップに覆われた頭部と下顎以下の首部分は排除した。

この時の横顔面積を100%として基準面積とした。その後、各下限温度以上の有彩色部分を同画像処理ソフトにて面積を求め、面積割合を算出した。（図4）

2-5. 統計処理

各測定のタイミングにおける横顔両側平均の温度帯別面積割合と時間経過においてpearsonの相関係数を用いて分析を行った。危険率5%未満を統計学的に有意とし、統計処理にはSPSS statistics ver.22（IBM社）を用いた。

3. 結果

まず、各測定タイミングにおける横顔両側平均の温度帯別面積割合を示した。（表1、図5）顔全体が咀嚼前から 30°C 以上であった。各測定のタイミングごとにみると、全てにおいて顔表面温度が低いほど面積割合が多く、顔表面温度が上がるにつれて面積割合は少なくなっていた。

次に、各温度帯別における面積割合と測定タイミングとの相関を示した。（図6） 30°C 以上および 36°C 以上の面積割合は相関がみられなかった。しかし、 35°C 以上の面積割合は正の相関が見られ（ $p < 0.05$ ）、 31°C 以上および 32°C 以上、 33°C 以上、 34°C 以上の面積割合に関しては強い正の相関がみられた（ $p < 0.01$ ）。

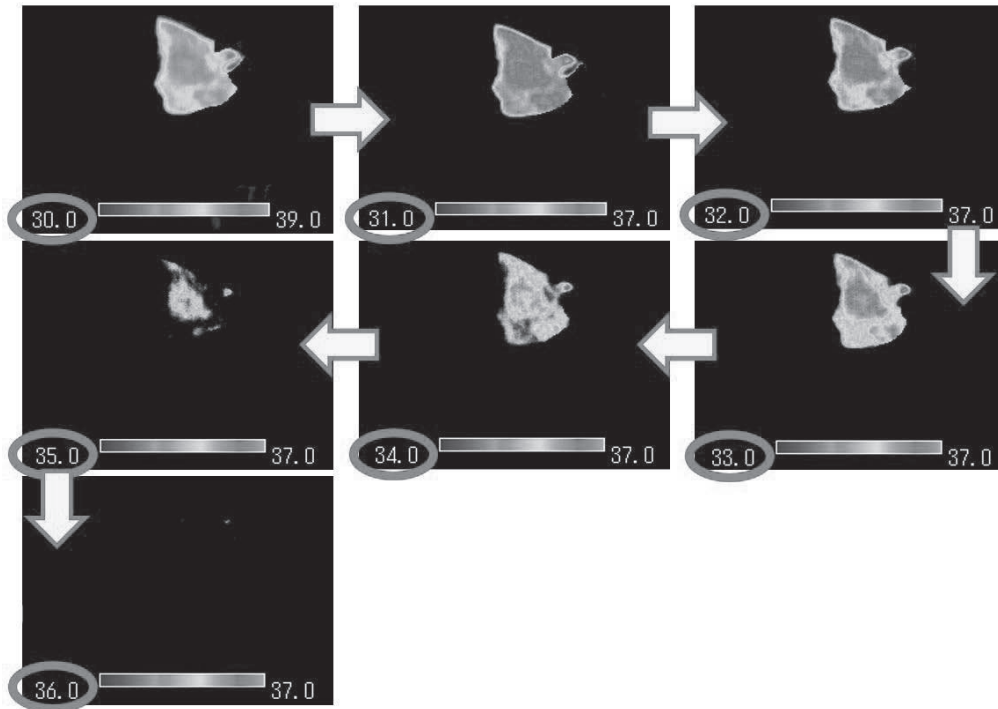


図3 画像処理後の温度分布

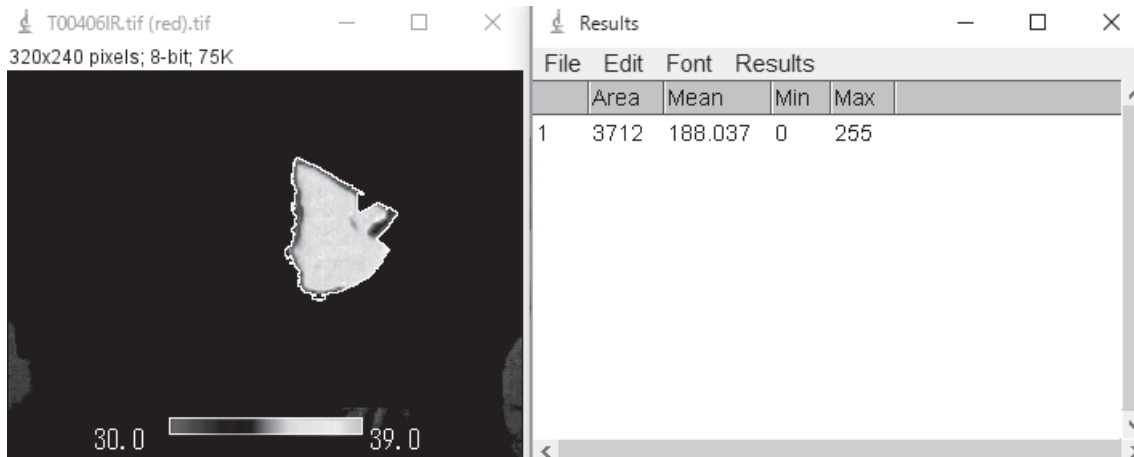


図4 Image Jによる有彩色部分の面積を求める様子

表1 各測定タイミングにおける横顔両側平均の温度帯別面積割合

	30℃以上	31℃以上	32℃以上	33℃以上	34℃以上	35℃以上	36℃以上
咀嚼前	100.0±0.0	88.9±9.4	73.9±18.7	54.4±25.0	30.1±23.5	9.8±15.4	0.9±2.7
咀嚼後 5分	100.0±0.0	90.6±8.5	77.7±17.7	59.5±24.5	34.9±24.8	12.4±18.3	1.6±4.7
咀嚼後10分	100.0±0.0	91.8±6.9	79.7±15.5	62.1±23.5	38.4±26.7	14.4±19.2	1.5±4.1
咀嚼後15分	100.0±0.0	92.3±5.9	81.1±14.5	63.8±23.0	39.0±26.8	14.8±19.4	1.6±4.1

平均値±SD

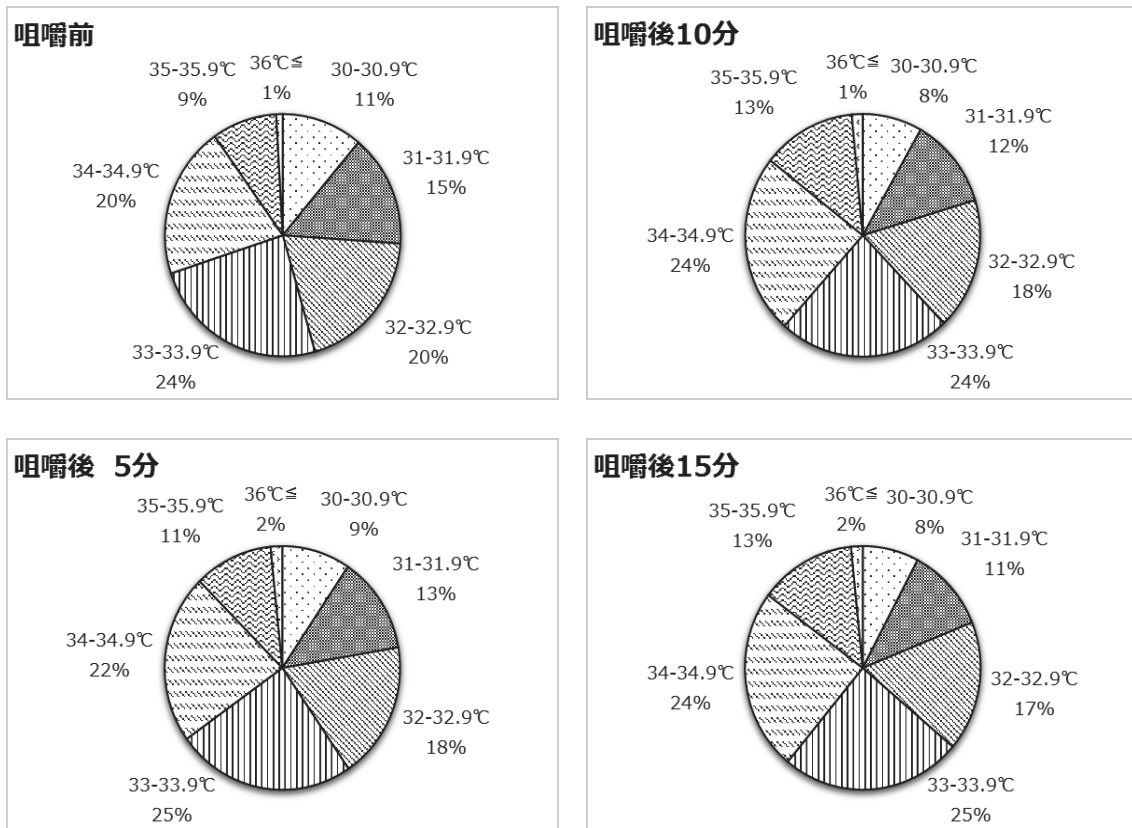


図5 各測定タイミングにおける横顔両側平均の温度帯別面積割合

4. 考察

本研究では女子大学生40名に対し、サーモグラフィを用いて咀嚼時の温度分布の測定法と結果の定量化方法の構築を目的として実施した。その結果を以下考察する。

本研究では測定の定量化を目的とするため、実験時には外的及び内的要因に皮膚の表面温度が影響を受けないように配慮が必要であった。そのため、サーモグラフィで測定をする際には私語や化粧といった測定温度に影響をもたらす可能性がある要因を排除した。さらに皮膚表面温度は外気温（室温）の影響が大きいためエアコンディショニングにより室温を一定とした。入来⁷⁾は室温と皮膚温の関係を明らかにし、室温が22°C程度から皮膚温が急激に上昇し、室温が25°C程度になると皮膚温は緩やかな上昇へと変わること示した。このことから室温は25°Cが妥当であると考えた。

ガム咀嚼前および咀嚼後5, 10, 15分時の顔表面温度はいずれも30°C以上であったが、温度帯別の面積は咀嚼時間と共に面積割合は増加し顔全体の表面温度が上昇していった。これは、咀嚼に関連する側頭筋や咬筋、翼突筋が収縮したことから熱産生が生じたものと考えられる。

この測定法および定量方法を用いて、筆者ら⁸⁾はサーモグラフィによる皮膚温の測定と咀嚼能力の関係をみたところ、咀嚼能力が強い群に比べ弱い群は、ガム咀嚼5分後の時点で31°C以上の顔表面温度面積割合が広がったと述べている。また、高橋ら⁹⁾はインスリン分泌型によるガム咀嚼時皮膚温の違いを調べたところ、インスリン分泌正常型は咀嚼を15分間行っても咀嚼前と比べ顔表面温度が有意に増加した部分はなく、インスリン分泌遅延型は咀嚼を15分間行ったとき、咀嚼前と比べ顔表面温度が30°Cと31°Cの部分は減少し33°Cと34°Cの部分が増加したと述べている。これらの報告から、本研究の測定および定量方法を用いた研究の多様性も期待できると考える。

今後の展望としては、本研究で強い相関が示された31°Cから34°C以上の面積割合に着目し、この定量方法を用いて咀嚼能力との関連のみならず、様々な要因との関連を明らかにしていきたい。

5. まとめ

本研究では女子大学生40名に対し、一定の室温条件下でサーモグラフィを用いて咀嚼時の顔表面温度分布の測

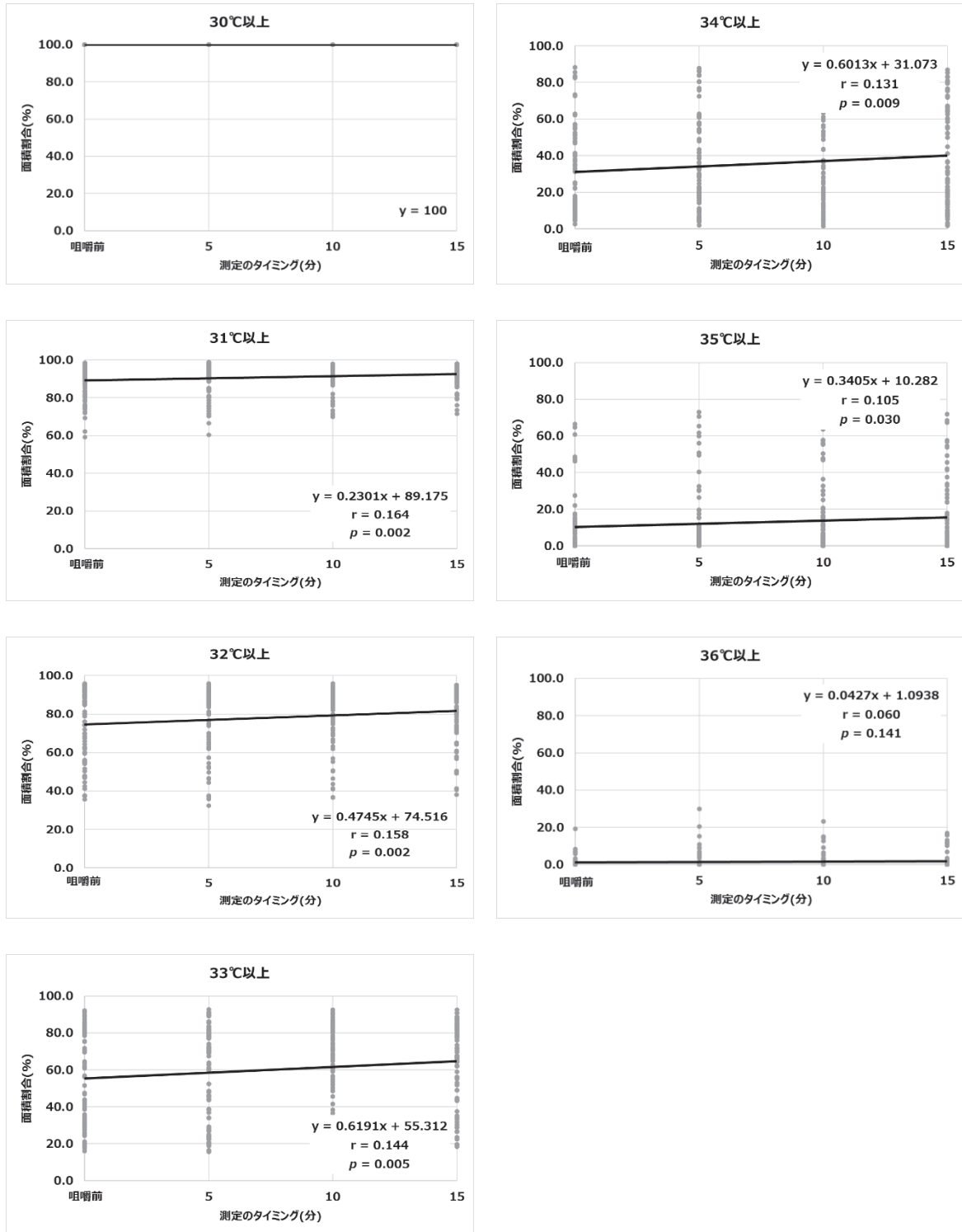


図6 各温度帯別における面積割合と測定タイミングとの相関

定を行い、測定方法とその結果の定量化方法の構築を目的として実施した。その結果、温度帯別の面積割合と咀嚼経過時間との相関では、31°C以上から35°C以上の各面積割合全てで正の相関 ($p < 0.05$) が見られ、このうち31°C以上から34°C以上の各面積割合では強い相関

($p < 0.01$) がみられ、本研究で用いた定量方法はサーモグラフィを用いた咀嚼時の筋活動の判定に有用であることが示唆された。

6. 文献

- 1) MacDougall J D B, Andrew B L, An electromyographic study of the temporalis and masseter muscles, *J Anat*, **57**, 37-45 (1953).
- 2) Jarabak J R, An electromyographic analysis of muscular behavior in mandibular movements from rest position, *J Pros Den*, **7**, 682-710 (1957).
- 3) Lammie G A, Perry H T, Crumm B D, Certain observations on a complete denture patient Part II Electromyographic observations, *J Pros Den*, **8**, 929-939 (1958).
- 4) 津留宏道, 広田賢徳, 丸山剛郎, 明石貴雄, 各種食品咀嚼時における咀嚼筋活動の筋電図学的研究 I 正常咬合者について, *日本補綴歯科学会雑誌*, **10-2**, 163-172 (1966).
- 5) 森谷敏夫, 根本勇, 筋収縮の生理学, 石井直方 (編), *スポーツ生理学*, 第9版, 朝倉書店, 3-4 (2003).
- 6) Berry D C, Yemm R, Changes in facial skin temperature associated with unilateral chewing, *Oral Rehabil*, **1**, 127-129 (1974).
- 7) 入來正躬, 体表面温度生理学, *BME*, **3-7**, 9-15 (1989).
- 8) 中村秀貴, 橋本和佳, 高橋圭, 松田秀人, 辻とみ子, サーモグラフィによる皮膚温の測定と咀嚼能力の関係, *日本咀嚼学会*, 第28回学術大会抄録集, 29 (2017).
- 9) 高橋圭, 橋本和佳, 中村秀貴, 松田秀人, 辻とみ子, インスリン分泌型によるガム咀嚼時皮膚温の違い, *日本咀嚼学会*, 第28回学術大会抄録集, 30 (2017).