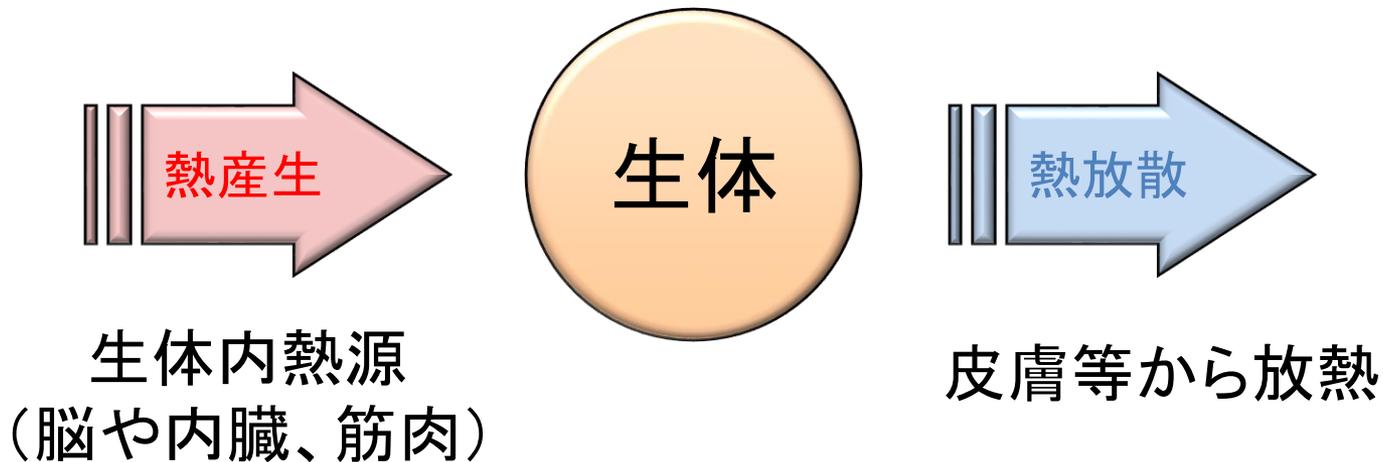


神経・生理心理学

体温

心と体温

ヒトを含め哺乳動物などの恒温動物では、
体温は常に一定の値に維持されている。



体温は、**熱産生**と**熱放散**のバランスによって、
一定に保たれる！

熱産生

ヒトや動物の生命活動は代謝とよばれるさまざまな物理・化学的過程の連鎖によって支えられている。食物を摂取し、消化吸収の過程でエネルギーを取り入れ、不必要なものを体外に排泄する。この一連の過程(代謝)で放出されたエネルギーを生命維持ならびに活動のために利用している。体温はこのようにして産生された熱エネルギーを利用して維持されている。安静時の基礎熱産生は、おもに脳と胸腹腔内臓器でおこなわれている。運動時には筋肉においても熱産生が生じる。

熱放散

生体内部で産生された熱は、純物理的な伝導と血流によって皮膚まで運搬され、放散される。皮膚からの熱放散は、放射、伝導と対流、蒸発によりおこなわれる。放射熱量は、放射面積と、皮膚表面温と周囲壁温の差、の両者に比例する。また、皮膚に接したものへ熱の伝導が生じ、とくに皮膚に接する相手が空気や水のような流体である場合には、温められた空気や水は対流を起こして熱を運び去る。

伝導



放射



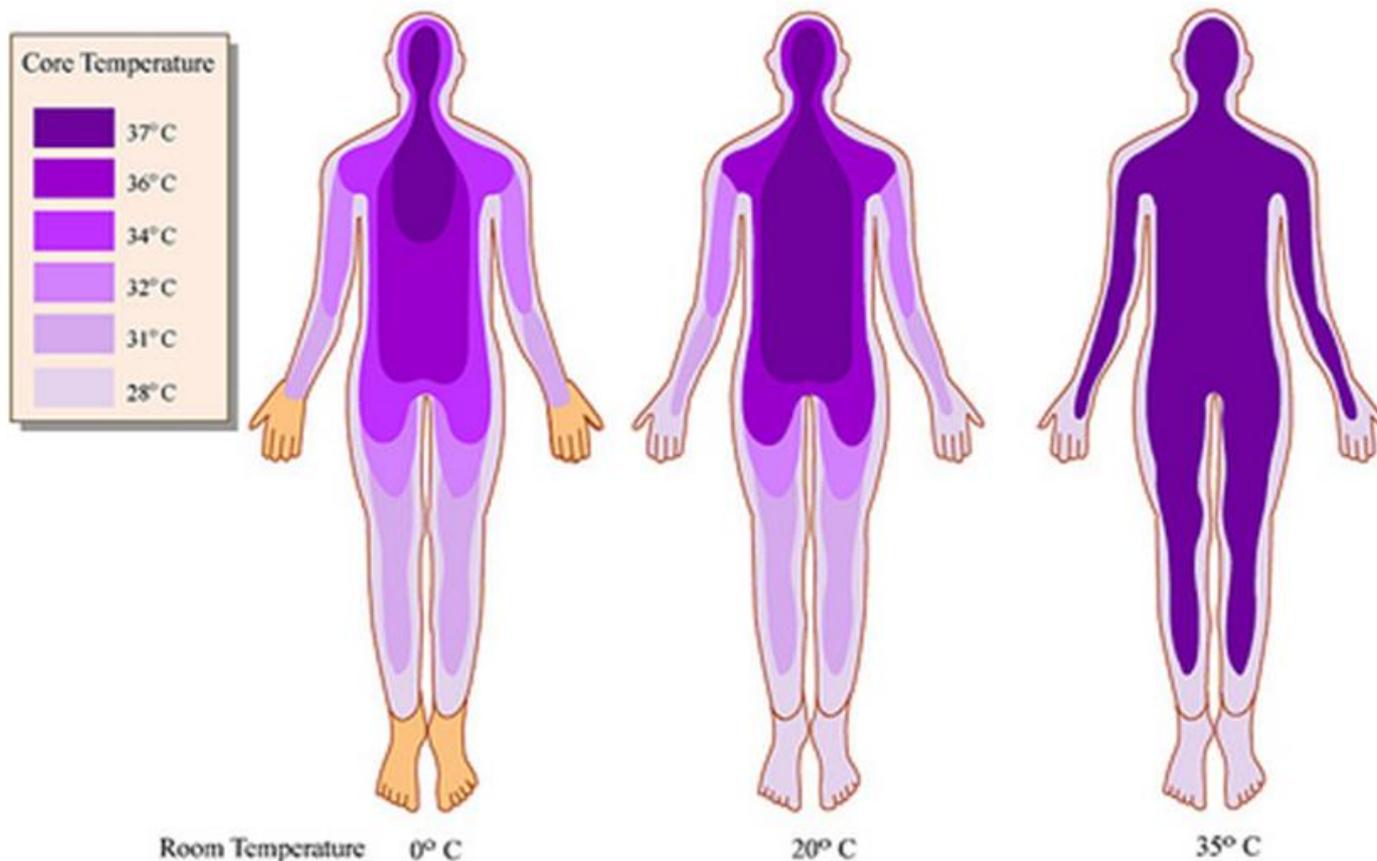
蒸発



対流

体温の分布

下図は、寒冷・暑熱環境下での体内温度分布を等温線によって示したものである。熱産生器官の存在する**体中心部**や**頭部**は**温度が高く**、かつその**恒温性が保たれている**。

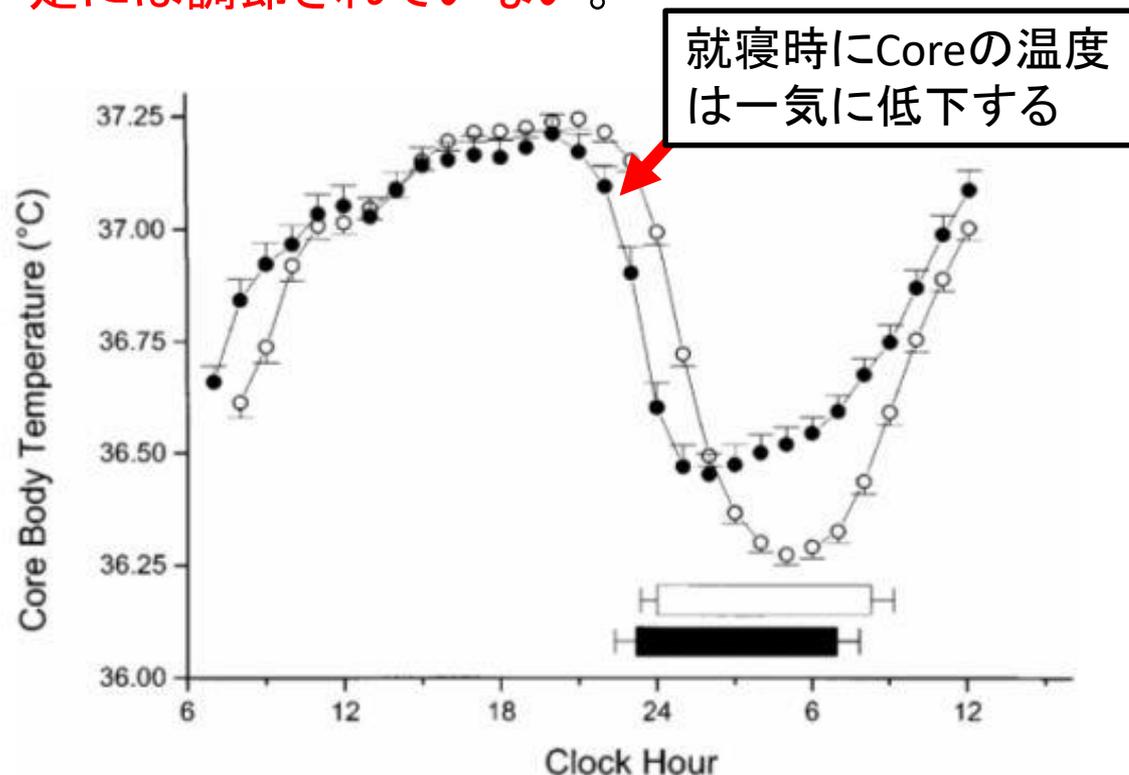


反対に、体熱の放散がおこなわれる**皮膚**などの**外表組織**や**四肢**などの**体末梢部**の温度は外気温の影響を受けやすく、**一般にその温度は低く**、かつ**変温的**である。

このような特徴から、生体の体温は環境温の変動によっても温度の変化しない**恒温的な核心部 (core)**と、温度の変化する末梢体部・皮膚などの**外殻部 (shell)**とに分けられる。

体温調節によって一定に調節されているのは核心温度であり、**外殻温度は環境温との関係で変動し、一定には調節されていない。**

実際にはCoreの温度も
日内変動を示す→



From Duffy JF et al 1998. Core (rectal) body temperatures for young and older subjects. Solid circles = Older subjects (n = 43); open circles = young subjects (n = 97); solid bar, usual sleep episode of older subjects; open bar, usual sleep episode of young subjects. Data are plotted with respect to actual time of day.

体温の調節

熱産生には、ふるえによるものと非ふるえによる二種類があり、体性神経系、自律神経系、内分泌系が関与している。

熱放散・熱移動は、循環系や汗腺などを支配する自律神経系が関与している。

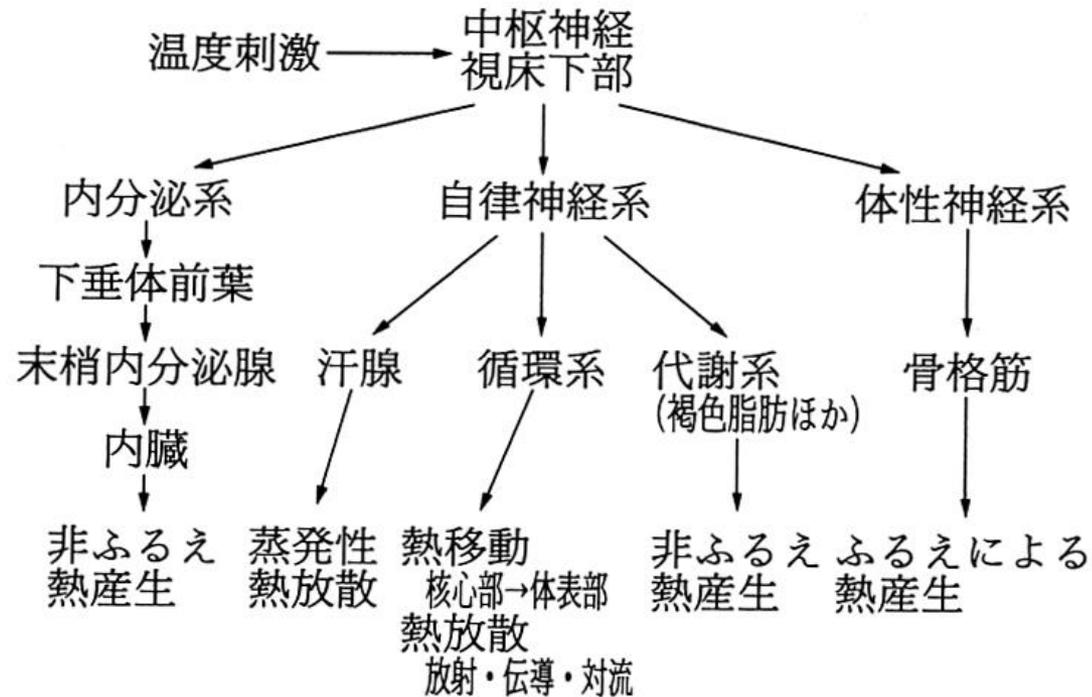
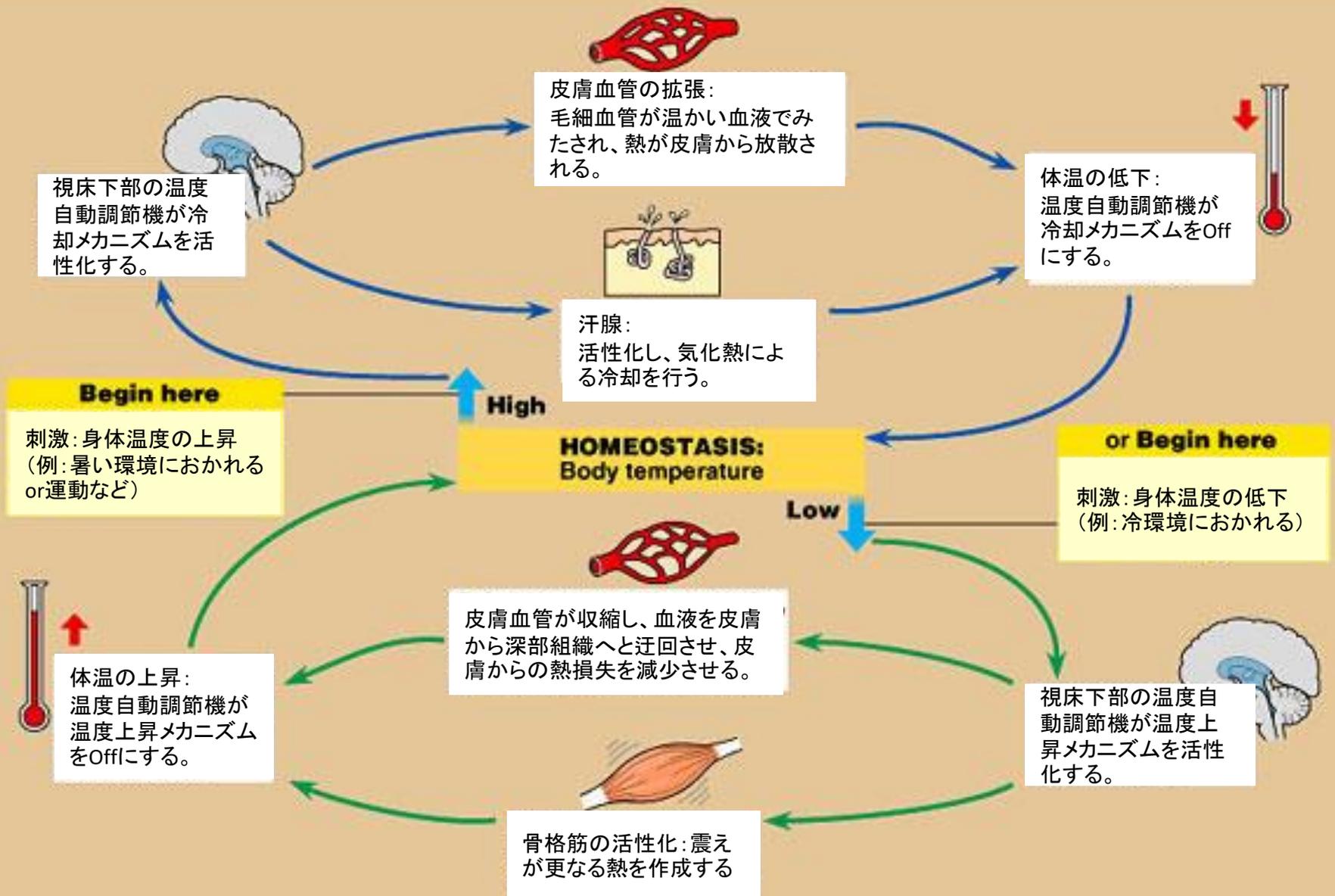


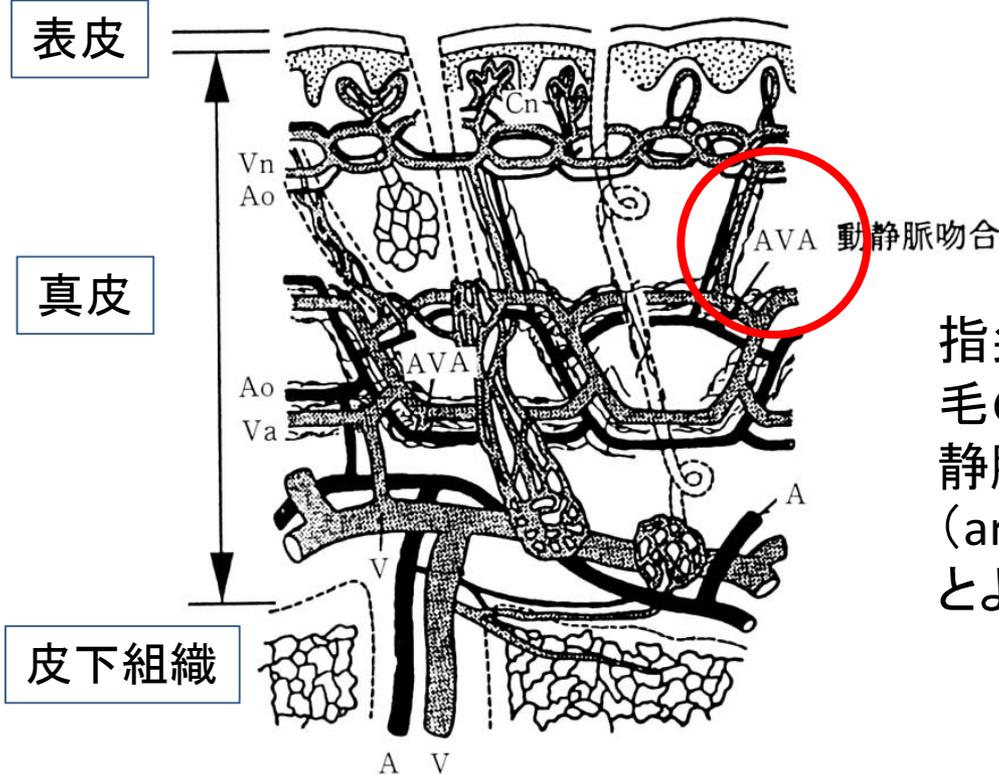
図13-3 体温調節に関与する調節系 (入来, 1996)

体温調節には、体性神経系、自律神経系、内分泌系が関与している。

皮膚温は体温維持の目的で調節されるが、皮膚温変化は心理的事象とも大きく関連している。生理心理学では、さまざまな心理的過程の検討に皮膚温が用いられてきた。



皮膚の血管構造



皮膚の厚さは身体部位によって異なり、手掌と足底の皮膚は厚く、耳介や眼瞼では薄い。

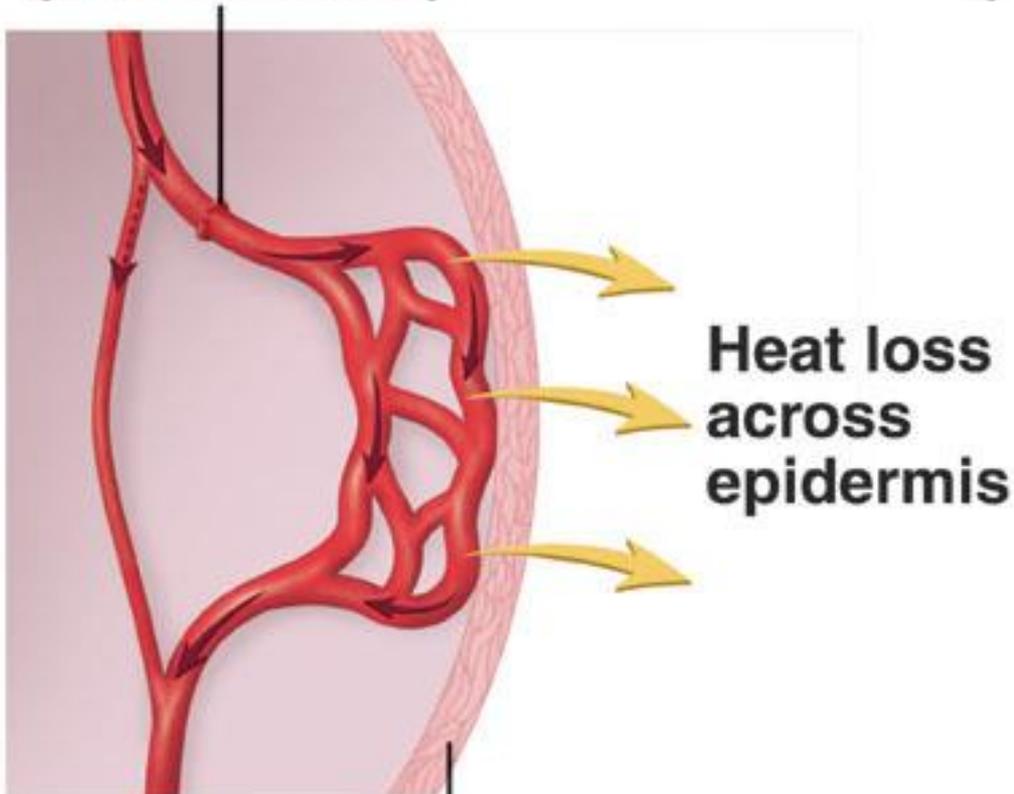
指尖、手掌、足底、耳、鼻、唇などの無毛の皮膚の一部には、細動脈から細静脈に直接連結する**動静脈吻合** (arterio-Venous anastomoses: AVA) とよばれる**短絡血管**が存在している。

図13-4 皮膚の血管組織構造 (小川, 1969を一部改変)

3層に分けられる血管網がみられる。A: 動脈, V: 静脈, Cn: 毛細血管, AVA: 動静脈吻合。

AVAの管壁には平滑筋細胞が厚い層をなして括約活動を示し、**皮膚ではこのAVAの開閉が血流量の増減の調節に大きな役割を果たしている。**

Blood vessel dilates (vasodilation)

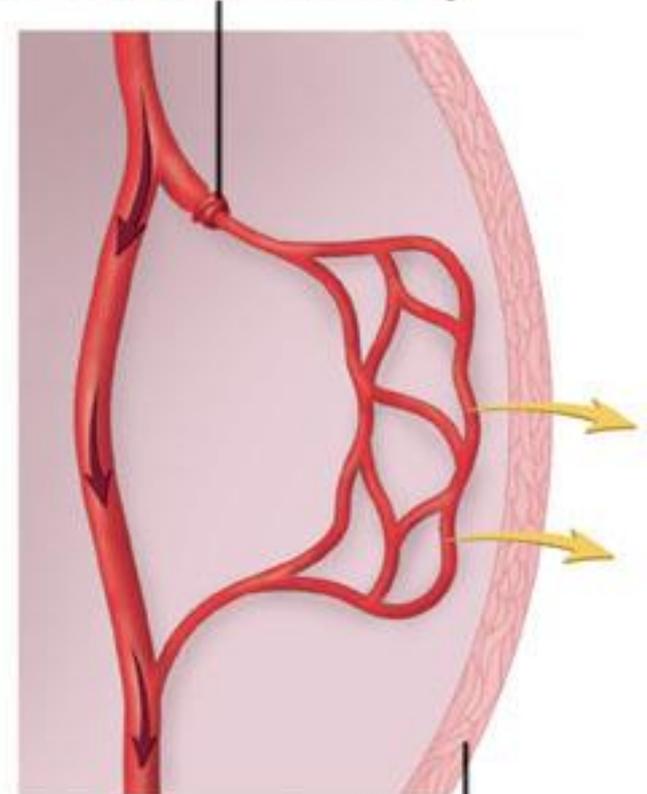


Epidermis

Increased heat loss

(a)

Blood vessel constricts (vasoconstriction)



Epidermis

Heat conservation

(b)

皮膚循環測定法の概略

皮膚温, 皮膚血流量, 皮膚血管運動を測定する技法は, 基本的には皮膚循環という同じ生理的反応を測定している。

皮膚血管運動

→

皮膚血流量

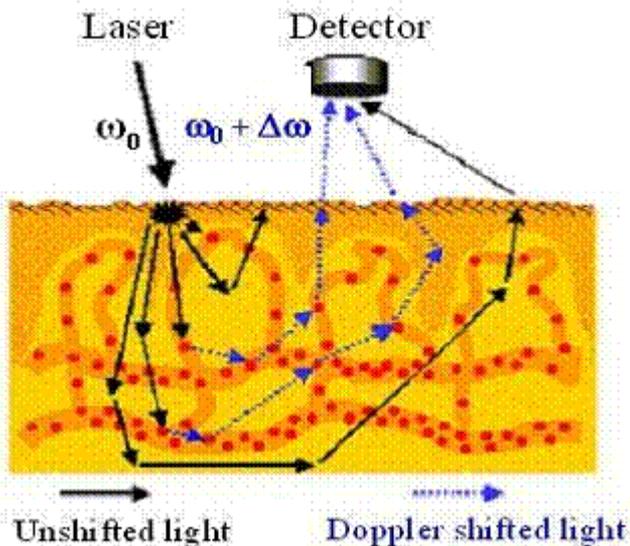
→

皮膚温

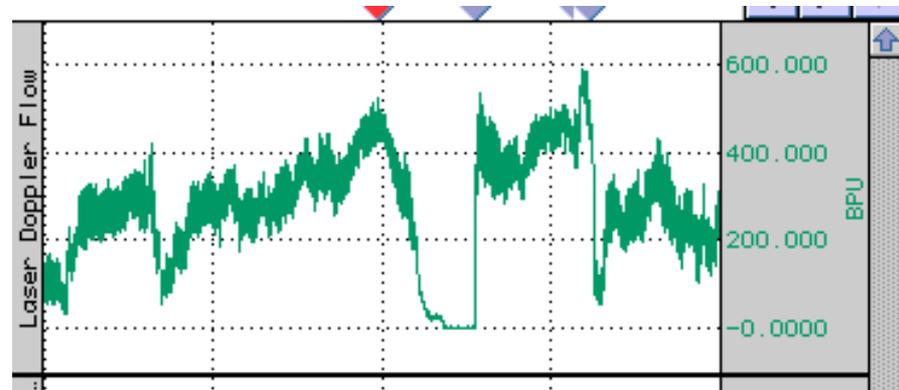
(1) 脈波測定法

動脈管の膨張と収縮にともなう容積の変化(→学習済なので省略)

(2) レーザードップラー血流測定法 (Laser-Doppler flowmetry)



皮膚血管内を移動する血液にレーザー光を照射し、赤血球の生じたドップラー効果から血流の速度を測定する手法



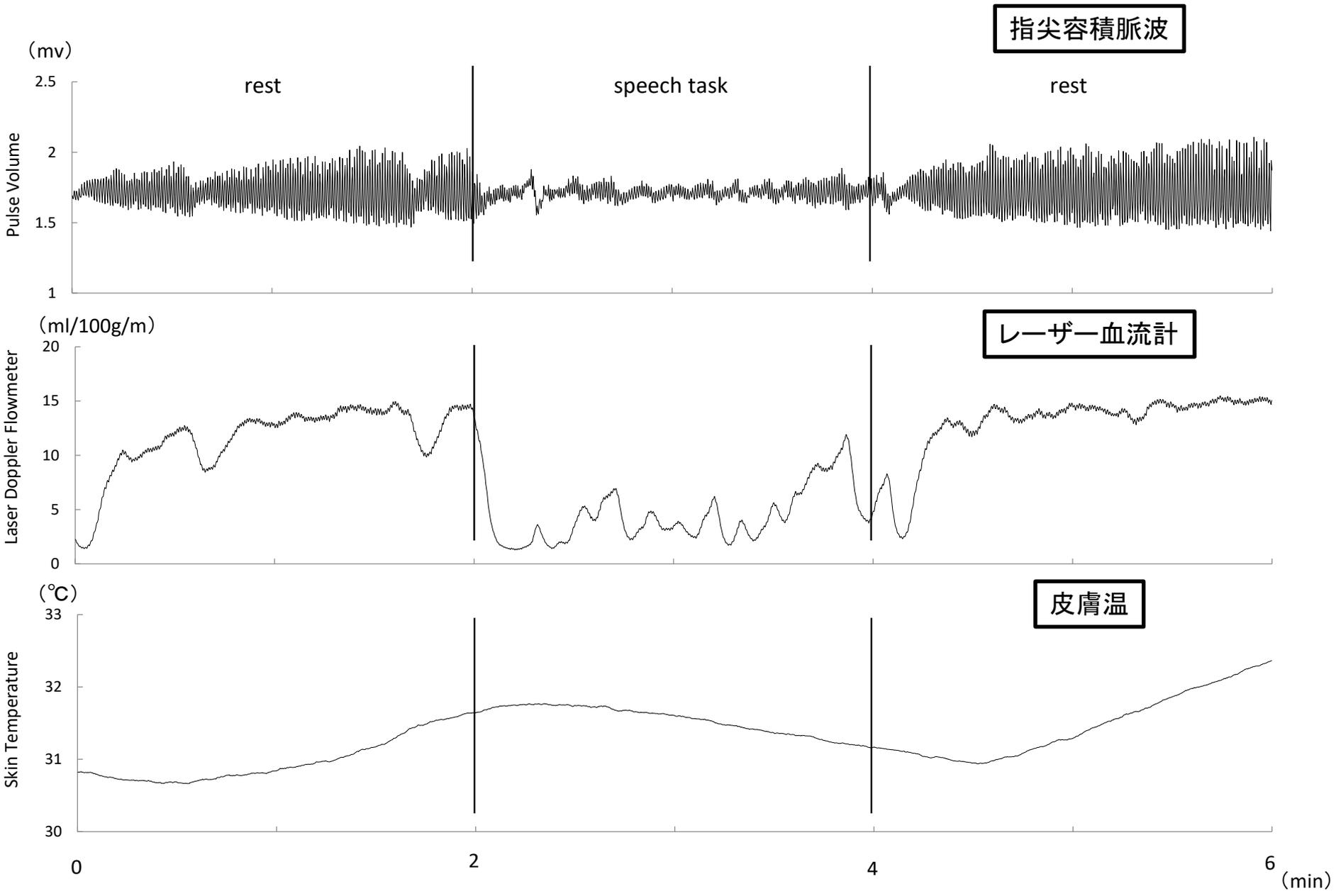


図5 末梢循環評価手法の比較

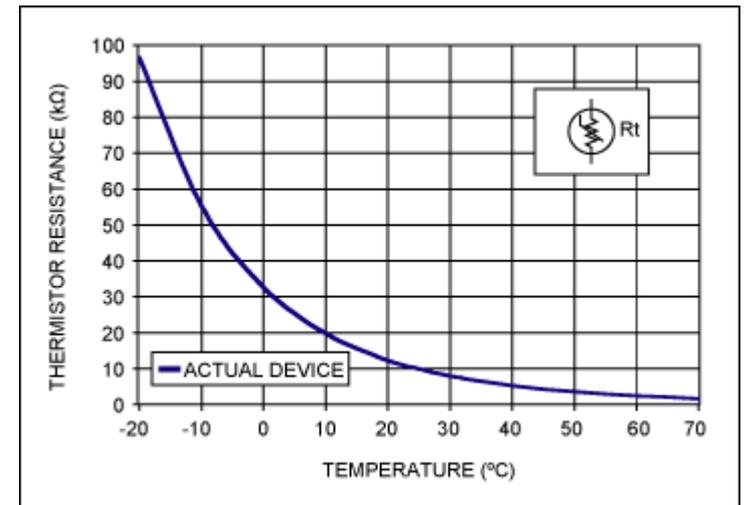
(3) 皮膚温測定法

a. サーミスターによる測定



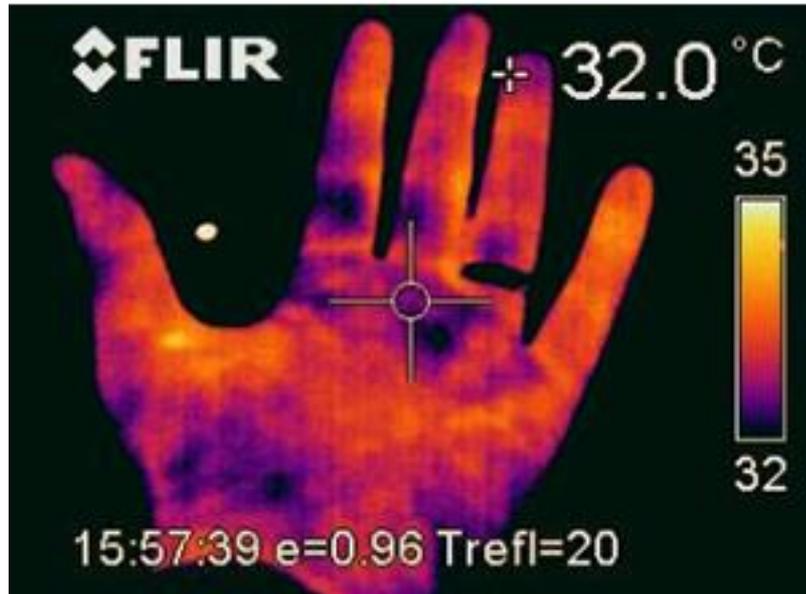
皮膚表面に直接装着して皮膚温を測定するものとして、一般によく使用されるのは、サーミスター (thermistor) である。サーミスターは大きな負の抵抗温度係数をもった半導体で、温度が上昇・下降すると、それにともない抵抗が減少・増加する。

サーミスターによる計測は簡便であるが、測定部位の運動をとまなう作業時のモニターには適当とはいえず、また身体部位の1点の温度情報しか得ることができない。



b. サーモグラフィ

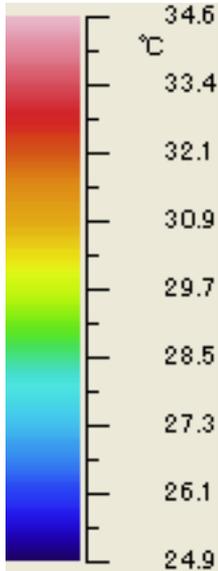
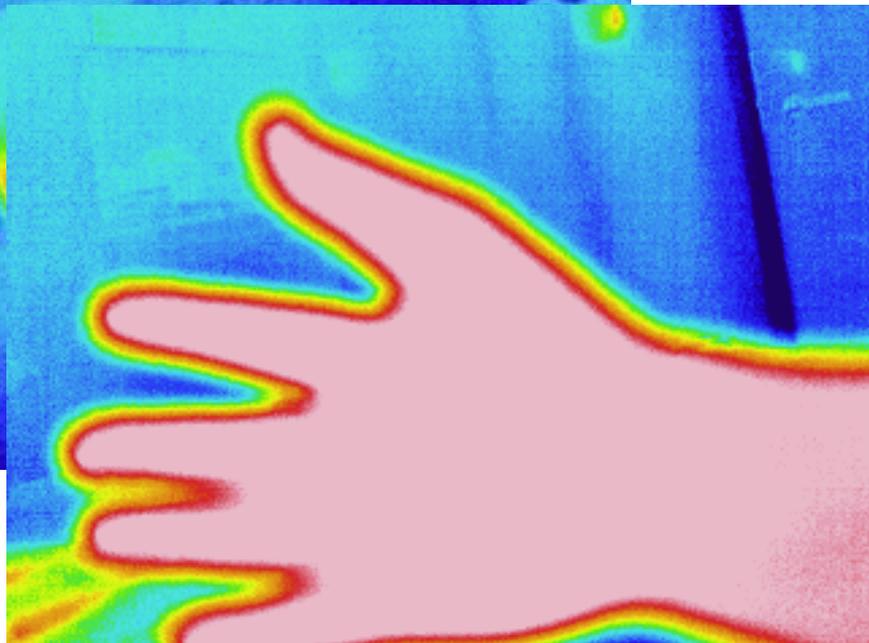
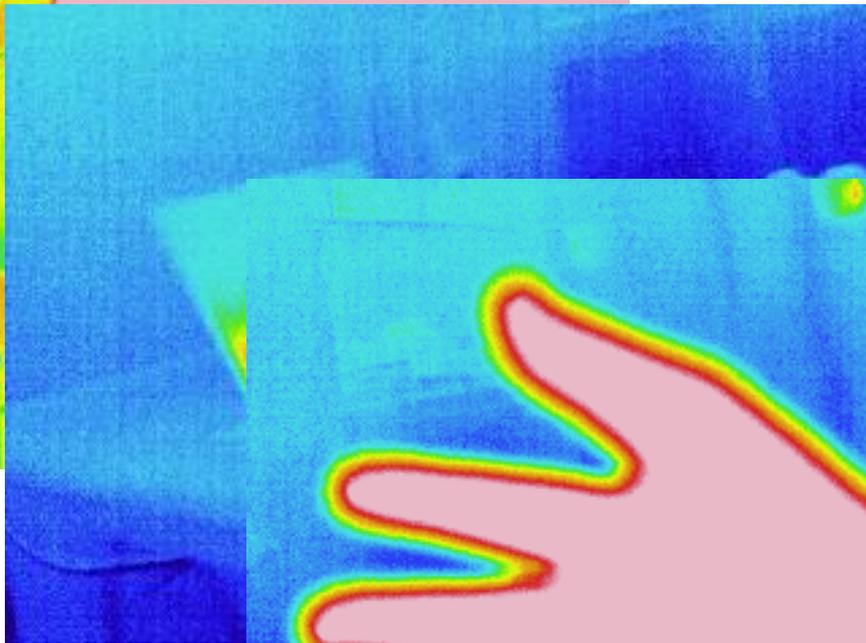
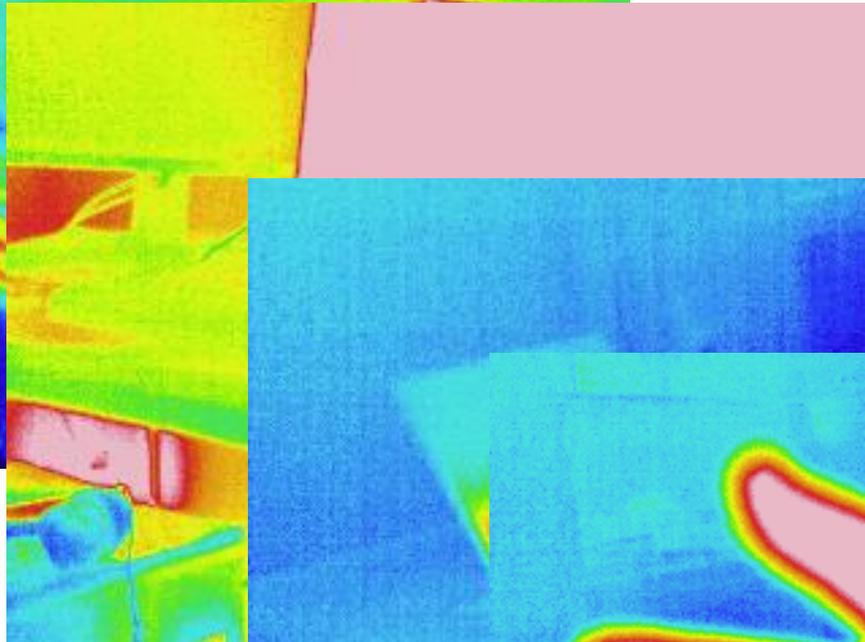
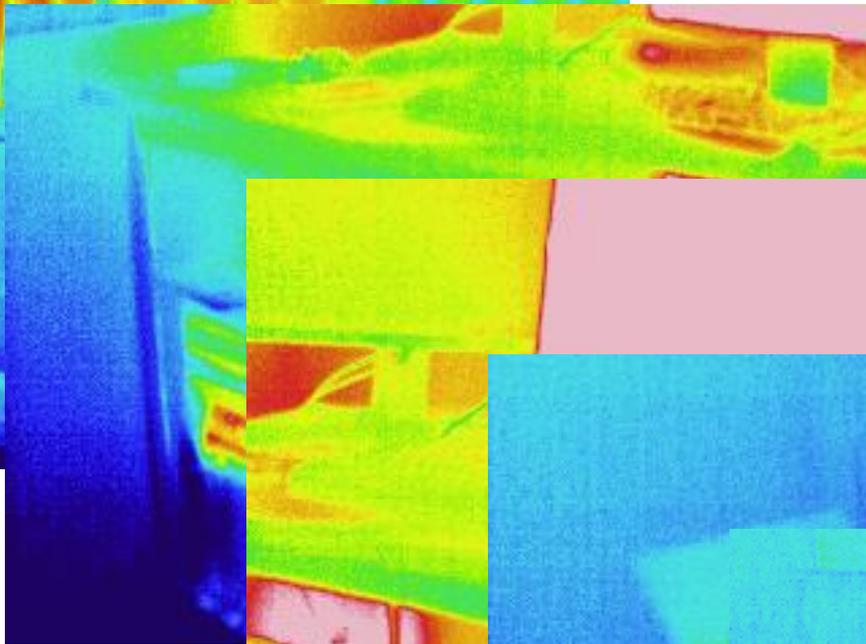
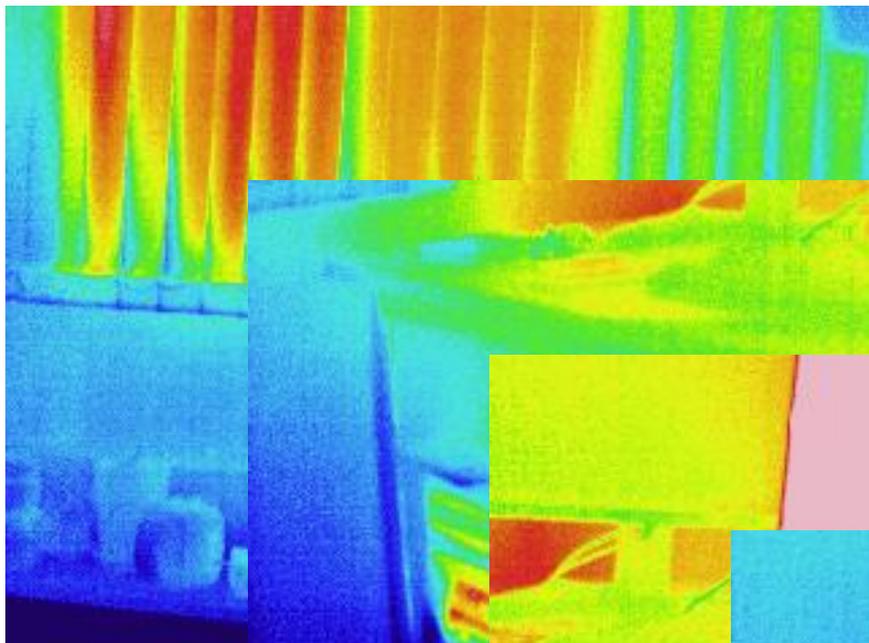
サーモグラフィ(thermography)とは、物体表面の温度分布を、その物体が放射する赤外線を検知することによって測定し、映像として表示するもの。

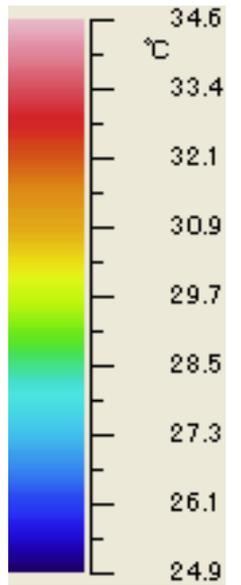
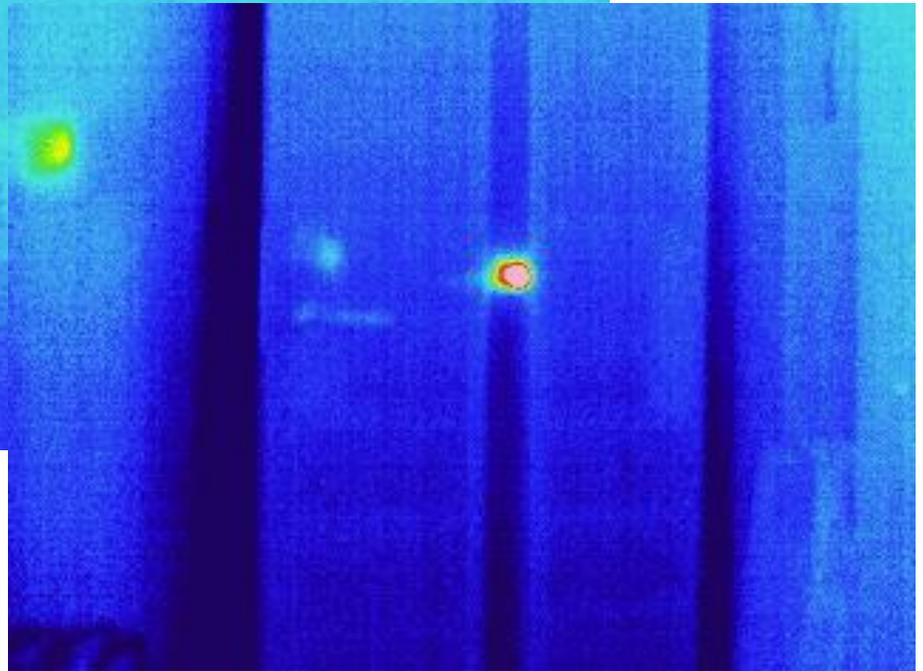
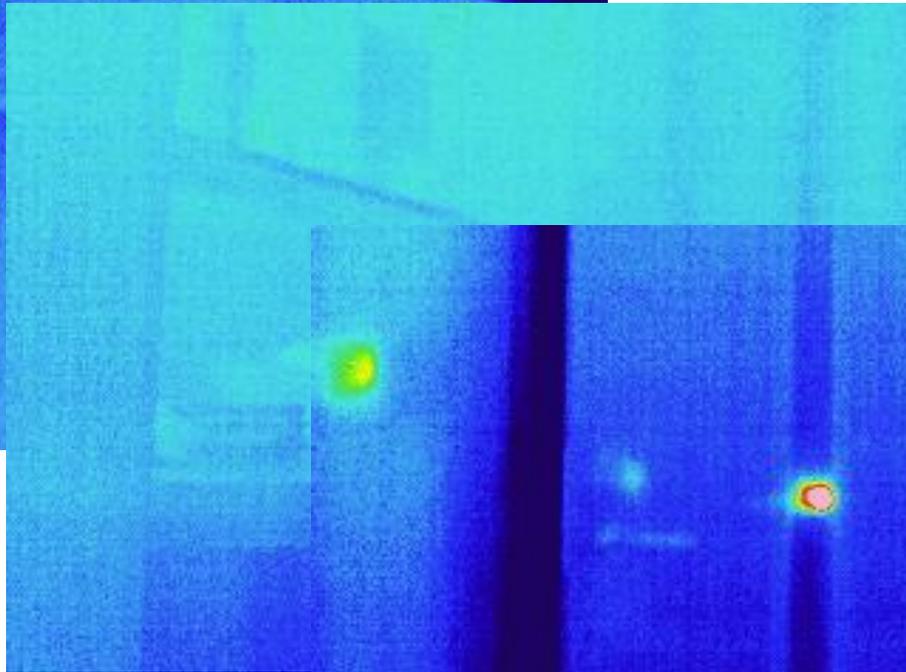
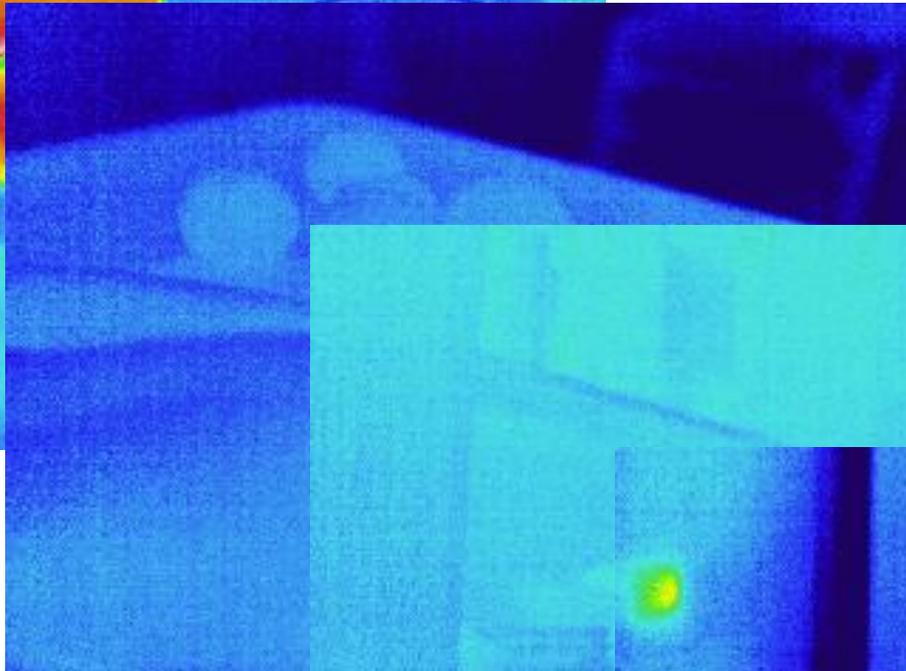
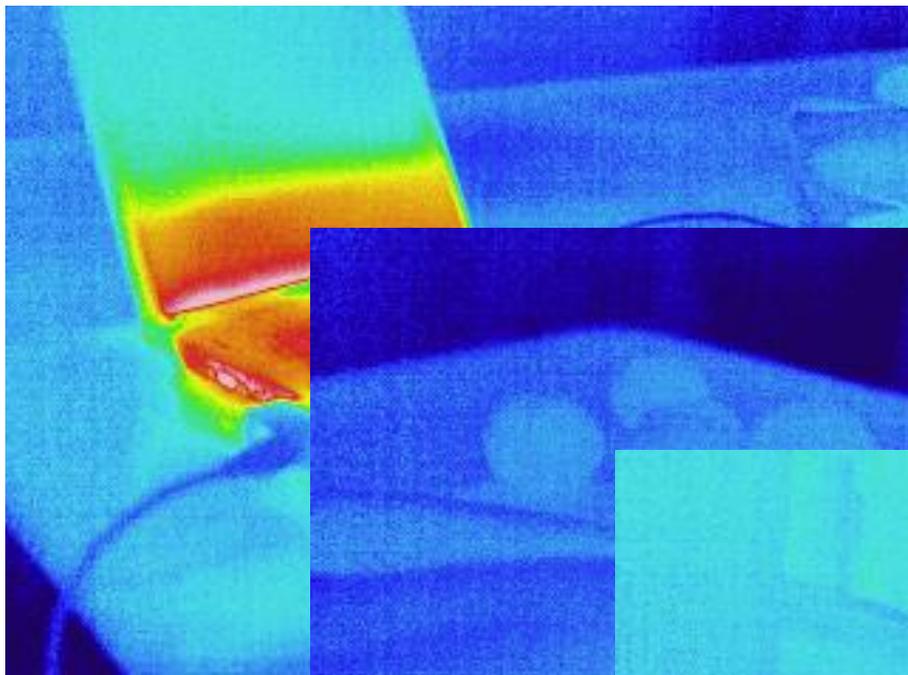


最近では温度分解能が0.025~0.050°C, スキャンタイム毎秒60枚の性能を有したものができている。サーモグラフィは、非接触であり、面全体の温度を同時に高速で測定が可能であるという点が特徴といえる。

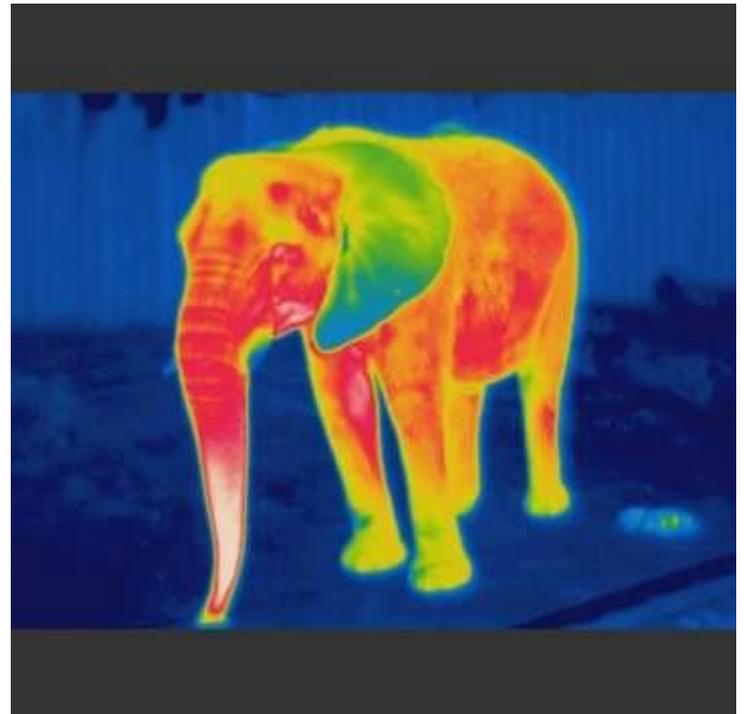
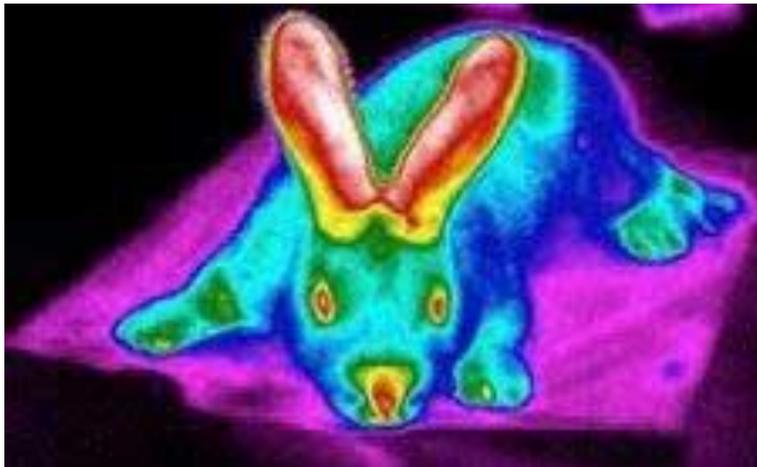
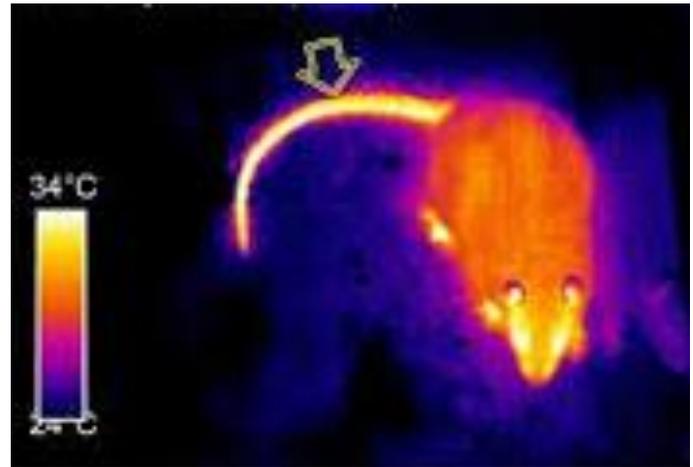


しかし、体表温と同一温の背景がある場合は、測定対象物との境界を見分けるのが困難、電球や暖房具などは多量の赤外線を放出し、化粧品や治療薬などは体表面の放射率を変えてしまう、などの注意が必要である。





測ってみましょう！



皮膚温変化を生じる心理的要因-定位反応

たとえば、突然に与えられる音刺激に対して、ヒトや動物はその方向に首を向けるといった、**刺激によって引き起こされる受動的な注意の反応**を生じる。このように新奇な刺激に対して生じる一過性の反応を**定位反応 (Orienting response)**とよぶ。

この定位反応によっても、手指など末梢部血管に収縮が生じ、皮膚血流・皮膚温は一過性に低下を示す。バイオフィードバック訓練など皮膚温増加制御課題において、注意が要求される場合には、定位反応が皮膚温増加を妨げるとの報告がある。

A



B



C



皮膚温変化を生じる心理的要因-情動・精神的負荷

皮膚温と情動との関係は古くから研究されている。**不安・困惑・怒りなどの情動によって手指の皮膚温が低下し、安堵・弛緩で回復したことが示されている。**

手においては、中程度に血流がある場合は、情動によって非常に鋭敏に収縮性(皮膚温低下)に反応が生じる。しかし、前腕・前額においては、拡張性に、または収縮・拡張という二相性に反応することが多い。また、暗算や騒音負荷など精神的負荷時には、手指や鼻部皮膚温は低下を示す。



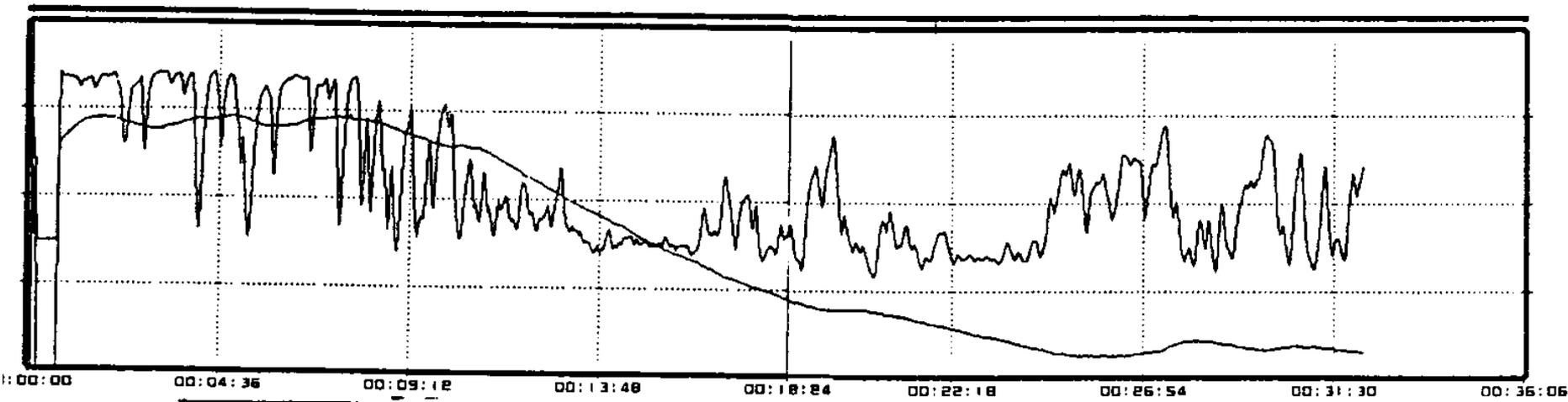
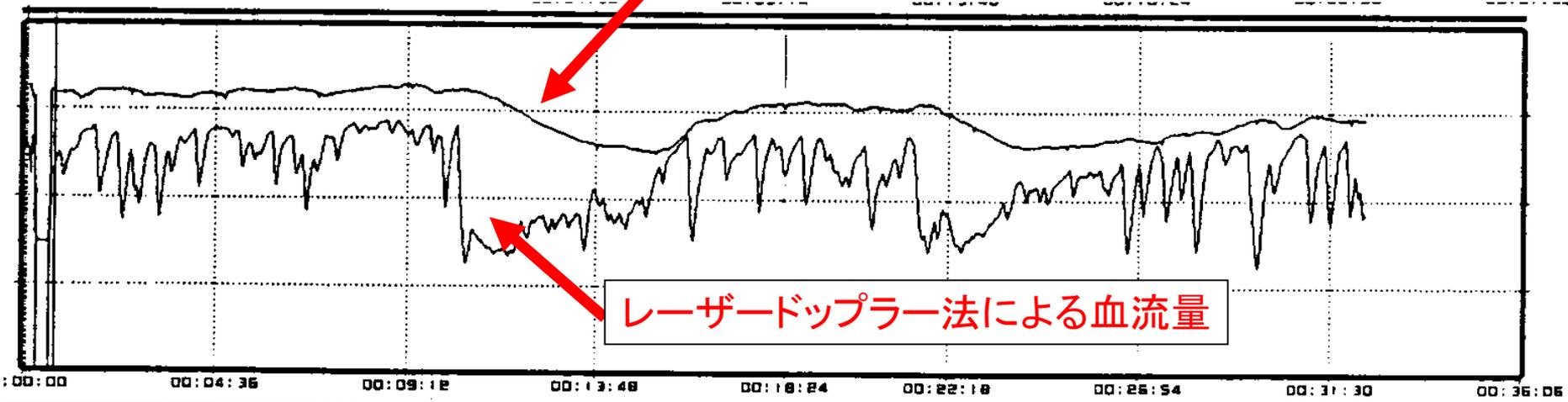
Fig. 14. Head of a snarling dog. From life, by Mr Wood



皮膚循環の測定例

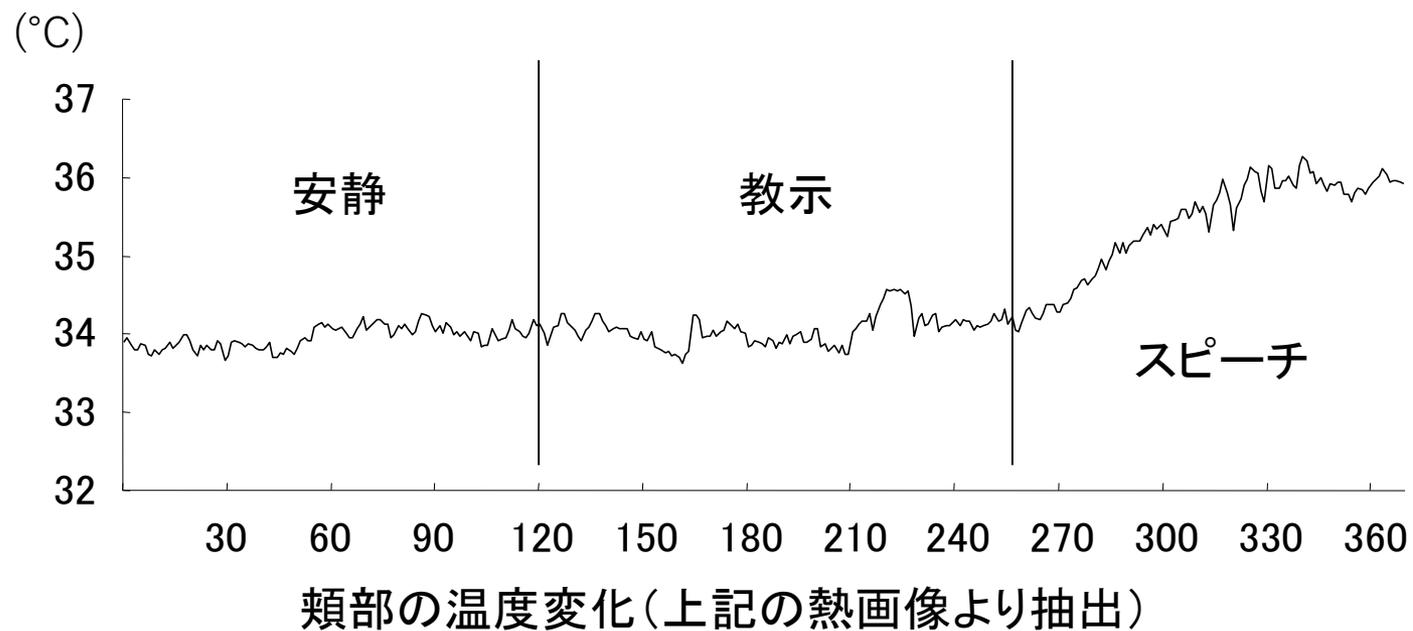
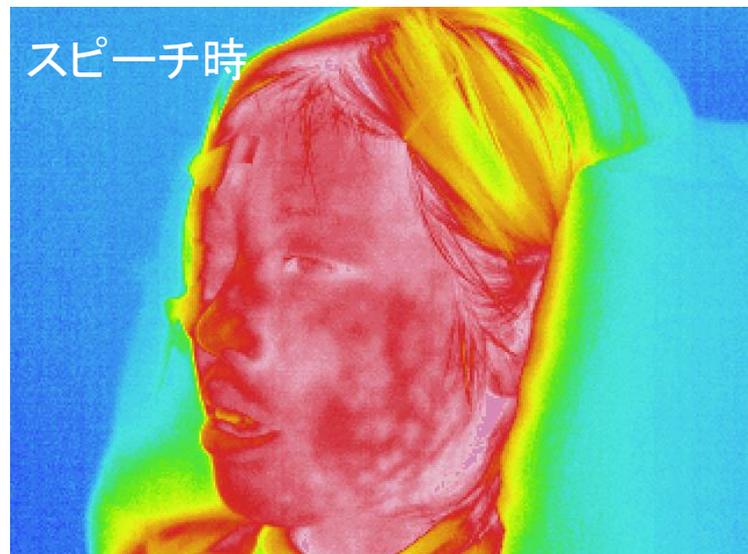
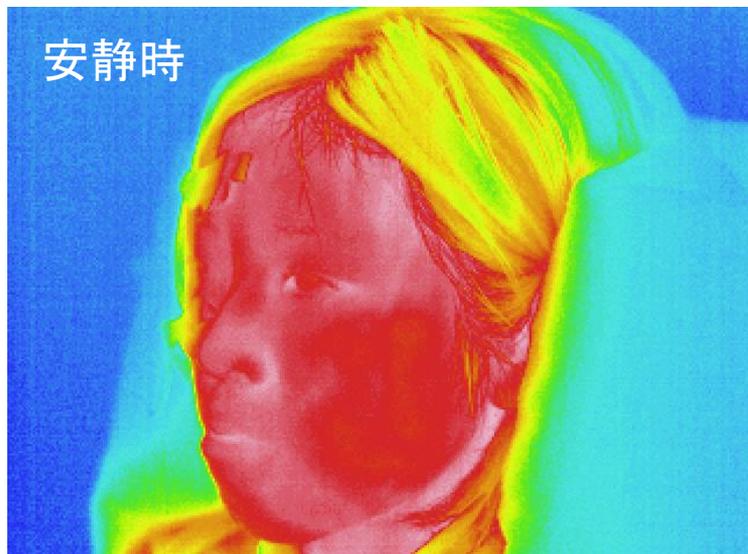
サーミスターによる皮膚温

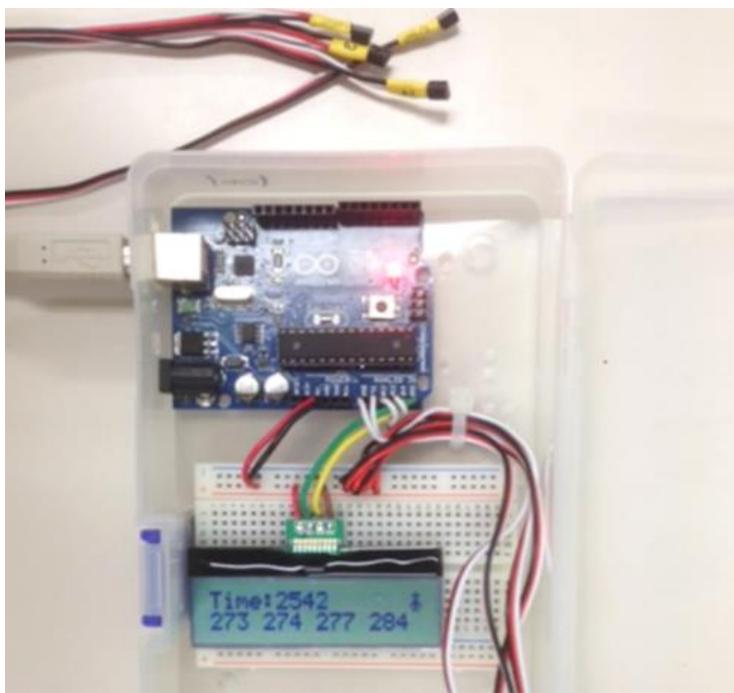
レーザードップラー法による血流量



皮膚温は、血流量に比べ変化が緩慢であり、変化に1~5秒程度の遅延がある。

スピーチ課題(理想の異性像について話す)時の典型的な皮膚温上昇例





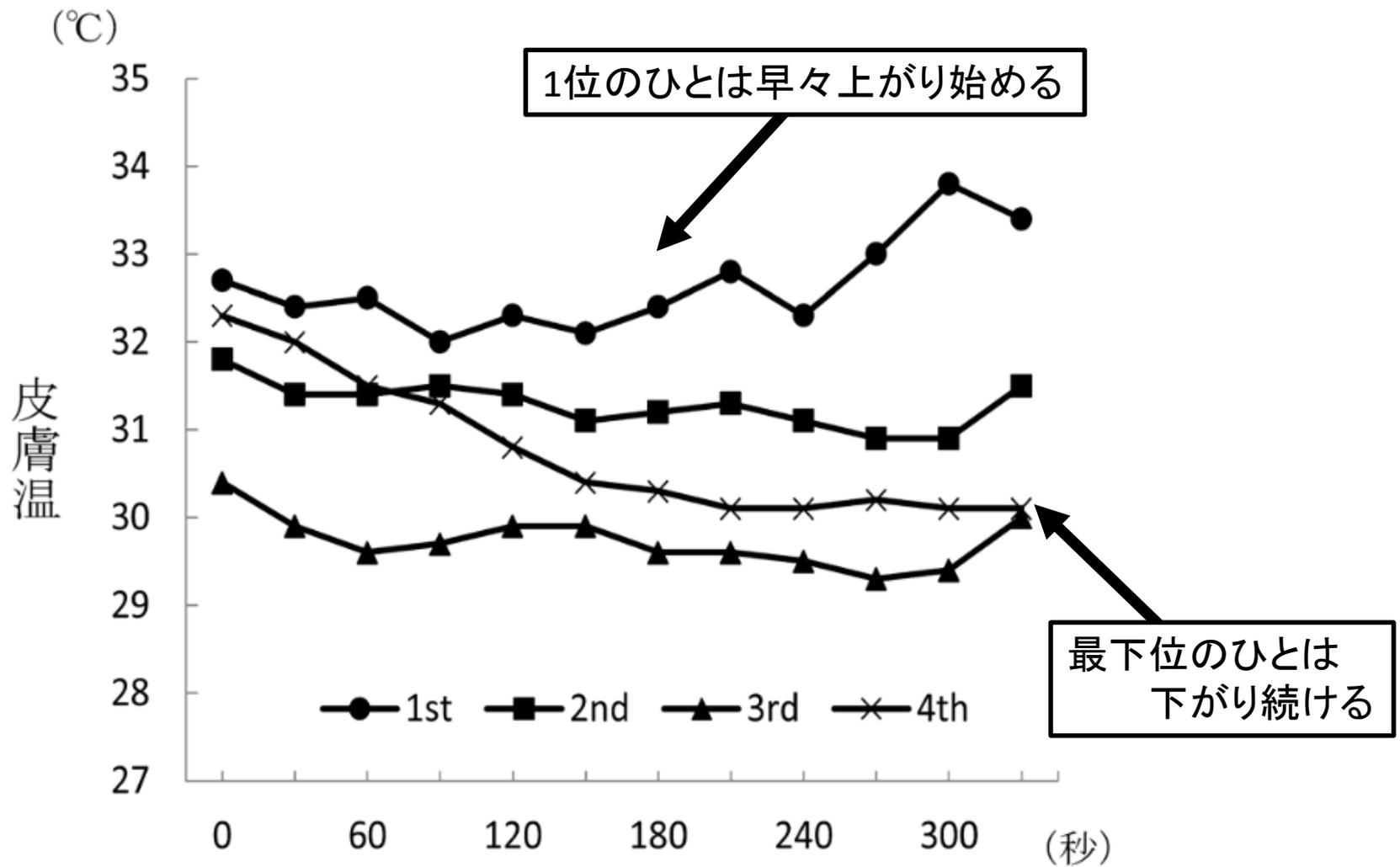


図3. すぐろく課題中の典型的な皮膚温変化

末梢血流量制御課題における 血流量バイオフィードバックの可能性について

早稲田大学人間科学研究科 長野 祐一郎
科学警察研究所法科学第一部心理研究室
廣田 昭久

要 約

皮膚温バイオフィードバックは、最も簡便かつ一般的な方法として多くのバイオフィードバック訓練で用いられて来た。しかし、過去のいくつかの研究例では様々な問題を皮膚温バイオフィードバックに見いだしている。今回我々は、皮膚温バイオフィードバック訓練の特徴を分析し、末梢血管活動のより適した制御方法として、血流量バイオフィードバック訓練を提案した。この研究の目的は、皮膚温バイオフィードバックと血流量バイオフィードバックを比較し、後者の優位性を検証する事である。18名の大学生が今回の研究に参加し、皮膚温、血流量、呼吸数、筋電位が計測された。皮膚温は、サーミスターを用いた標準的なバイオフィードバック装置を用いて計測され、血流量は、レーザードップラー方式の血流計を用いて計測された。被験者は、皮膚温バイオフィードバックグループ(Temp-BF)、血流量バイオフィードバックグループ(Flow-BF)に振り分けられた。前者は、左手指尖部の皮膚温をフィードバック情報として受け、後者は同一部位から血流量をフィードバック情報として受けた。合計8セッションが行われ、一回のセッション内で上昇・下降双方向の訓練が行われた。セッションの間隔は約一週間であった。その結果、Flow-BF群においてのみ、上昇訓練と下降訓練の間に有意な差が見られ、末梢血管活動制御における、血流量バイオフィードバックの優位性が示された。

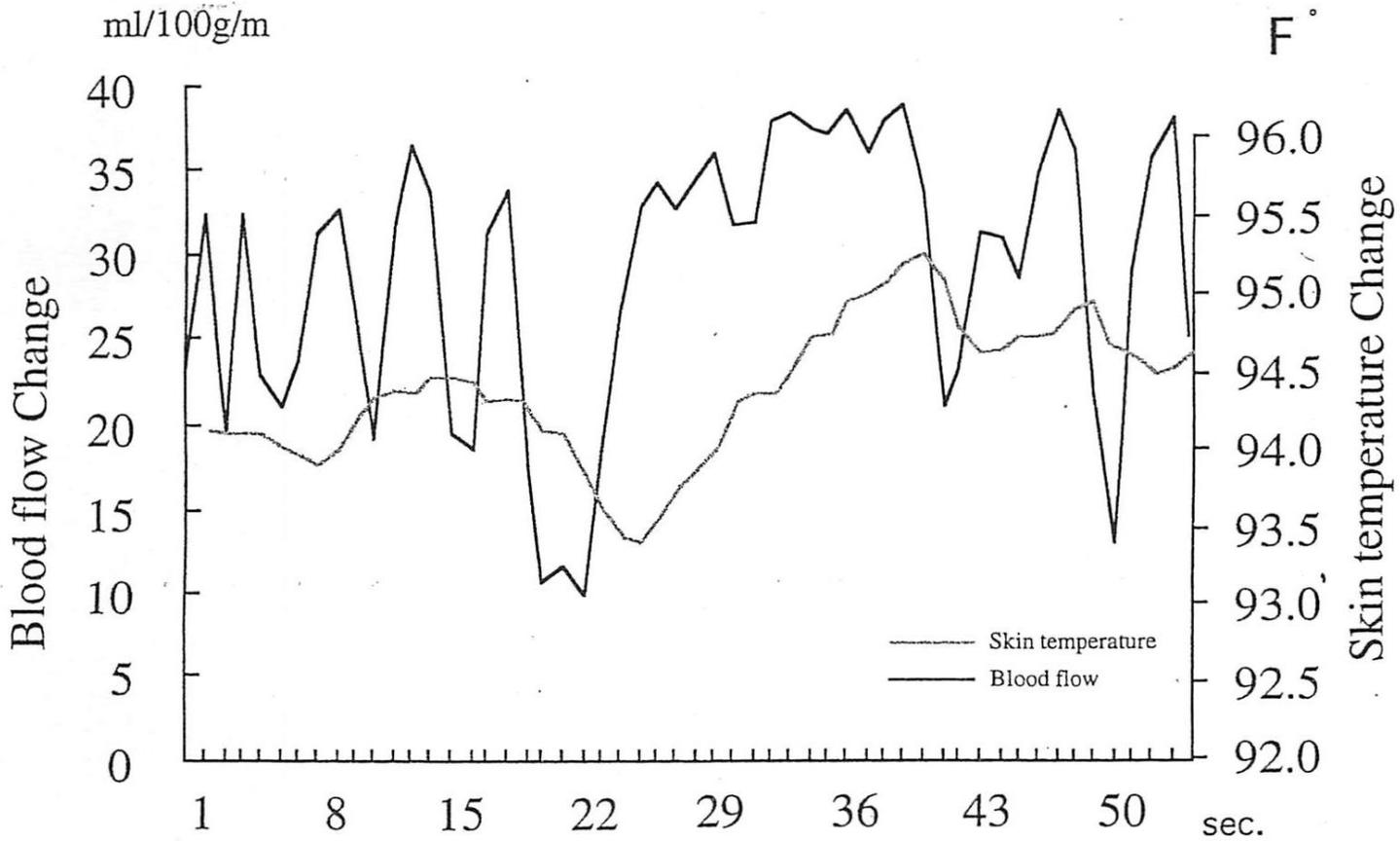


Fig.1 Comparison between skin temperature and blood flow at the same phase.

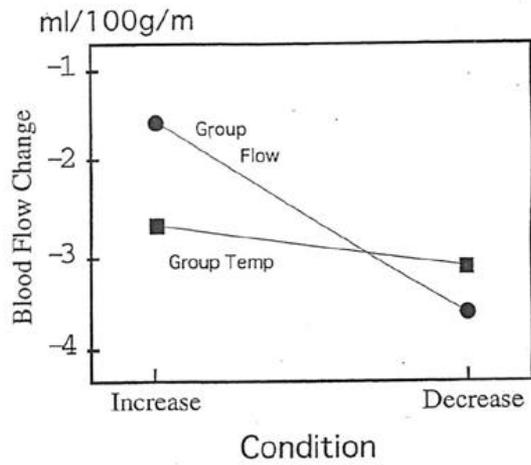
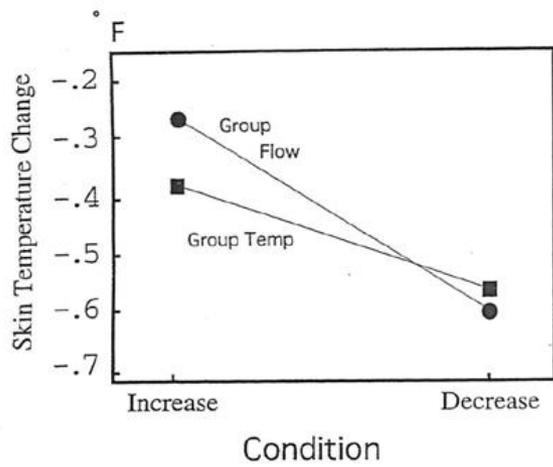


Fig.2 Mean of skin temperature and blood flow changes of each group for each condition.

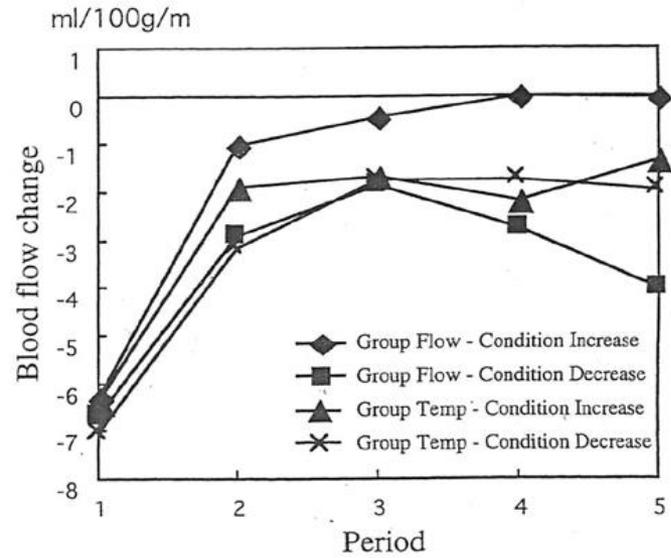
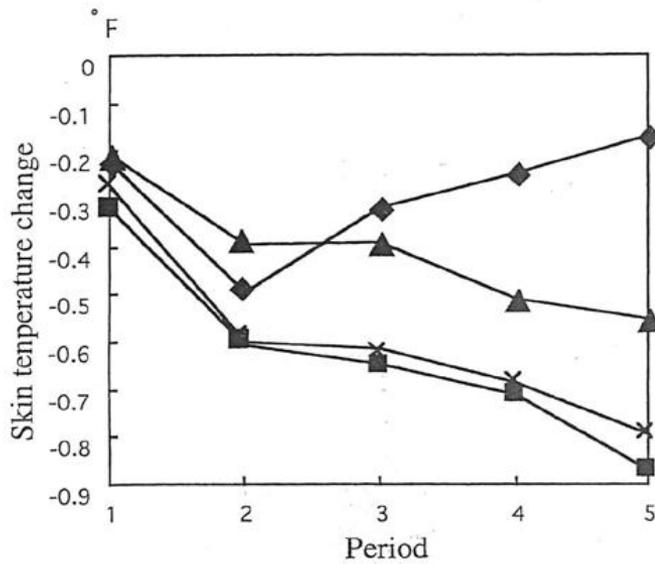


Fig.3 Mean skin temperature and blood flow change in both groups of each condition through all training period