

## ヒトの発汗活動と神経伝達

津田 孝雄

### 1 汗と汗腺

汗は日常生活の中でいつもかいている。新聞を開くときも親指には汗が出て、すべりと保持をしやすくしている。深呼吸やボールをキャッチするときはもちろん、大きな音を聞いたときや、びっくりしたときも汗は出てくる。このように汗は生理的負荷を伴うとき発汗し、これを精神性発汗と呼ぶ。風呂に入ったとき、サウナに入ったとき、それから夏の暑い日中にべっとりと汗をかく。この汗は温熱性発汗で、体温の上昇を防いでいる。そのほかに寝汗や、冷汗、辛い唐辛子を食べたときの味覚性発汗などがある<sup>1)2)</sup>。

私たちの手のひらや指、身体多くの部位ではエクリン<sup>せんにん</sup>腺が活動しており、脇の下などの有毛部にはアポクリン腺がある。これらの汗腺は末梢神経でコントロールされ、汗腺への発汗の伝達は脳や脊髄からコリン作動性副交感神経でなされる。

汗をかいているときの様子を図1に示す。汗がたくさん出て困る場合には多汗症の疑いがあり、反対に汗が出ないときは無汗症の疑いがある。動物ではサルやロバ、牛に発汗機能があるが、犬には汗腺はなく、あえぎで体温を調節する。人の身体は非常にたくさんある汗腺（身体全体で約300万個、一つの指先で200個から1000個）によって、見事に一定の体温に保たれており、また0.2度の温度差でも人は日常的に感じとれる。

### 2 ボールを握るとき、受けるときの発汗と刺激装置の試作

野球の投手はボールをコントロールするために、適度に手に汗をかいてボールを握り締めている。この湿りは同時に手の皮膚を保護しており、汗は非常に工夫された精密な潤滑油の役割を果たしている。

発汗の刺激としては、手を握る、腕を回す、暗算、見る、聞くなど何でも刺激になるが、刺激時間が特定できる刺激装置はこれまでになかったので、落下してくるボールを握る刺激装置を製作した。ボールキャッチ刺激装置を用いて、ボールキャッチ刺激を繰り返したときの発汗の様子を図2に示す。ボールを握ったときの被験者AとBの発汗パターンに差が出ている。発汗計は皮膚にサンプリンググローブを接触させ、その中に風を送り、この風が汗によって湿るので、この湿り具合（湿度センサー）とそのときの温度（温度センサー）、風量から絶対発汗量を測定する方法を用いている。

### 3 発汗活動と神経伝達

汗腺の発汗現象と発汗量の測定を同時に達成するために、顕微鏡と発汗計を組み合わせた装置を考案した。この装置を使っ

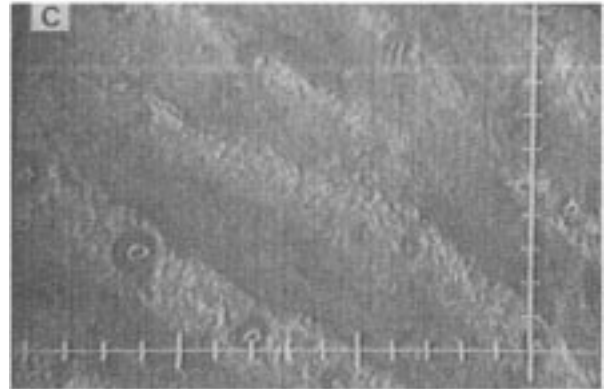


図1 指紋の丘の部分で発汗している様子

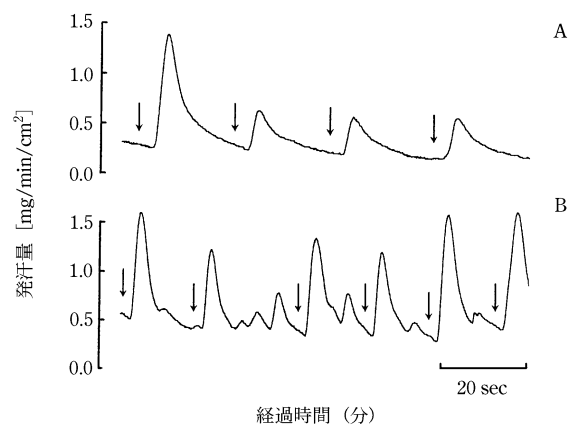
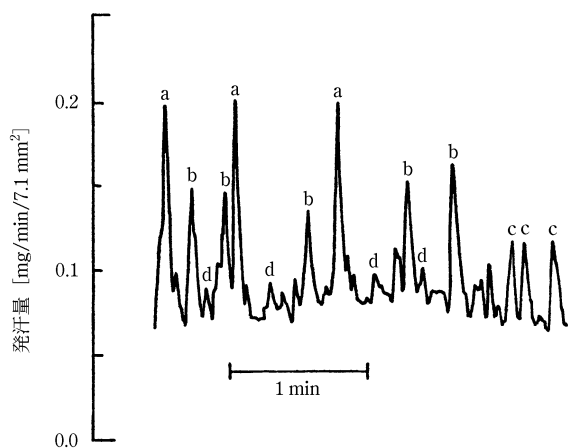


図2 二人(A, B)の人がボールキャッチしたときの発汗(指)

て指を観察すると、70倍程度の倍率で指紋の丘の部分（隆線）の上に汗腺口（汗の出るところ、図1参照）が見える。汗の拍出は一斉に出るのではなく、個々ばらばらと出る（非同期性）ことが観察から分かった<sup>3)</sup>。汗腺一個一個が末梢神経の命令で働き、このばらばら出る様子は末梢神経の経路やネットワークに依存していると推測される。汗の拍出を観察するときのコツは皮膚表面に風を送り皮膚を常に乾燥に保ちながら観察すると良い。

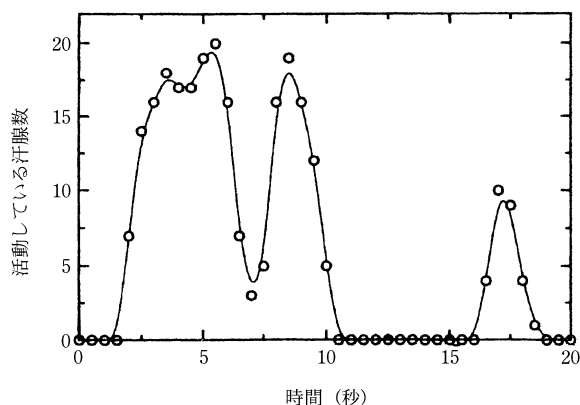
### 4 一つの汗腺の発汗量と驚いたときの汗腺の動き

顕微鏡・発汗量測定を一体化した装置を工夫し、直径3mmの円面積で皮膚上の汗の動きを観察し、同時に発汗量を記録した。この工夫した装置では指で20から32個、前額で4~9個の汗腺が観察できる。前額を観察しながら得られた時間-発汗



直径 3 mm の円面積での発汗量の測定をしていると動いている汗腺の個数が見える：(a)5~6 個，(b)3~4 個，(c)2~3 個，(d)1~2 個

図 3 発汗計測面積 7.1 mm<sup>2</sup>での前額の発汗活動。



減衰振動となっている

図 4 音を聞いて驚いたときの発汗の様子 (左手親指)

量の関係を図 3 に示す。図 3 から発汗量のピークが基準化されていることが分かる。これより一個の汗腺の発汗量は 3~5 nl であることが分かる<sup>3)</sup>。

被験者の背後で音をたて、びっくりさせたときの能動汗腺の数と経過時間を図 4 に示す。音になってしばらくして汗が出だし、ひいて、また出だし、ひいていく。この繰り返しを数回した後汗が出なくなり、平常の身体状態になる<sup>3)</sup>。驚いたときの汗の出方は波型で生じ、減衰振動をとる。また、そのピーク間の間隔は 2 倍、4 倍と倍数で延びていく。汗は身体の状態をびっくりから平常にするための役割を果たし、そのときの身体のコントロールは丁度 2 進法の状態でなされていると推測できる。

## 5 発汗を指標とする見かけの自律神経伝達速度の計測

右手でボールキャッチをすると、しばらくして左手で発汗する。右手で受けた刺激は脊髓中枢や脳に至り、ついで副交感神経を伝わって左手の汗腺に命令を出す。この時間差から見かけの自律神経伝達速度がはかれる。この時間差は 50 名の測定結果から、2.1~2.6 秒の間であった。さらに神経内科での測定結果から脳における作動との関係も関連が見いだされた<sup>3)~5)</sup>。

2 チャンネルの発汗計を用い、検知プローブを手と足に装着し、同時に発汗を測定すると、ボールキャッチ刺激から手と足への刺激伝達に必要な時間が測定でき、また両者の差は手と足への副交感神経の長さの差に相当する。この時間差は 0.6 秒~1 秒程度で、神経伝達速度がほぼ 1~1.5 m/sec となる。

## 6 体温調整のための汗の出方

発汗を詳しくはかってみると、1 分間につき平常のときでは 10~12 回、運動などをしたときは 14~17 回繰り返して発汗している<sup>6)</sup>。一つ一つの汗腺が汗を出すか、出さないかの指令を受けて発汗していると推測される。この回数は従来報告されてきた数と一致するが、筆者らの計測方法により明瞭に確認されたと言えよう。

汗腺は身近な器官で、私たちの日常にぴったり密接している。人の重要な自律神経の働きを反映している。これらを詳しく調べると、人の体の生理に迫ることができる。

## 文 献

- 1) Y. Kuno: "Human Perspiration", (1956), (C. C. Thomas Publisher, Springfield).
- 2) 大橋俊夫, 宇尾野公義編著;" 精神性発汗現象 測定法と臨床応用", (1993), (ライフメディコム, 名古屋).
- 3) 津田孝雄: 発汗学, 6 19 (1999).
- 4) T. Tsuda, S. Kitagawa, S. Nagaoka: J. Gravitational Physiol., 7, 129 (2000).
- 5) 増村年章, 四宮滋子, 蒲池弘実, 小林朝隆, 河野のみ子, 北川慎也, 津田孝雄: 発汗学, 9 25 (2002).
- 6) T. Kamei, K. Naitoh, K. Naskashima, T. Ohhashi, S. Kitagawa, T. Tsuda: J. Pharm. Biomed. Anal., 15 1563 (1997).

津田孝雄 (Takao TSUDA)

名古屋工業大学工学部 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)。名古屋大学大学院工学研究科修士課程修了。工学博士。

