

頸髄損傷者の深部体温モニタリングに関する基礎的研究

日大生産工 ○三上 功生

1. はじめに

交通事故やスポーツ事故などにより中枢神経である脊髄を損傷した脊髄損傷者は、受傷部以下の発汗障害、血管運動障害及び熱産生障害などの体温調節障害を持つ¹⁻⁶⁾。特に麻痺領域がほぼ全身に及ぶ頸髄損傷者(以下頸損者)は、その障害が極めて重篤であることから、頸損者の温熱環境の計画及び評価方法を確立することが求められている。

頸損者が屋内空間及び屋外において、周囲の温熱環境の影響によりうつ熱(高体温)あるいは低体温を起こすことを未然に防ぐためには、深部体温(頭蓋及び体幹内部の温度)を継続的にモニタリングする必要がある。しかし、一般的な深部体温の測定部位である直腸や深部体温の代替となる口腔、鼓膜、腋窩などの温度を、日常生活の中で継続的にモニタリングす

ることは現実的に不可能である。そこで、過去の人工気候室実験のデータより、頸損者の口腔温と関連性が強く、かつモニタリング部位として適した生理指標を把握することを目的とした基礎的検討を行った。

2. 過去の人工気候室実験について

著者らは頸損者の自律性体温調節反応の特徴を把握することを目的とした人工気候室実験を行ってきた⁷⁾⁸⁾。実験条件は室温19, 21, 23, 25, 27, 29, 31℃、相対湿度30, 50, 80%、実験室内の気流速度は0.15m/s以下、被験者の着衣量は0.6cloである。また、ASHRAEが推奨する

表1 被験者プロフィール

	被験者数	年齢 (Mean ± SD)	身長[cm] (Mean ± SD)	体重[kg] (Mean ± SD)
頸損者	29	30.7 ± 6.6	171.4 ± 6.2	56.4 ± 9.9
学 生	42	22.8 ± 1.7	168.6 ± 8.4	60.2 ± 8.5

表2 頸損者の詳細プロフィール

実験年度	被験者	性別	年齢	損傷Lv	麻痺	受傷後経過年数	曝 露 環 境 条 件							
							相対湿度30%		相対湿度50%		相対湿度80%			
1985	A	男	39	C5	不完全	18		23, 25, 27℃						
1985	B	女	29	C6	不完全	6		23, 25, 27℃						
1988	C	男	40	C6	完全	20		23, 25, 27℃						
1989, 90	D	男	32, 33	C4	不完全	15, 16		23, 25, 27℃						
1989	E	男	23	C5	完全	4		23, 25, 27℃						
1990, 91	F	男	23, 24	C5	完全	5, 6	27, 31℃	19, 21, 23, 25, 27, 29℃		27℃				
1990, 92	G	男	23, 25	C6	不完全	6, 8	21, 23, 29℃	23, 25, 27, 31℃		21, 23, 29℃				
1991, 93, 94	H	男	28, 30, 31	C5	完全	12, 14, 15	25, 31℃	19, 21, 23, 25, 29, 31℃		25, 27, 31℃				
1991, 92	I	男	22, 23	C6	完全	6, 7	21, 23, 27, 29, 31℃	19, 21, 23, 25, 27, 29℃		21, 23, 27, 29℃				
1991, 92	J	男	39, 40	C5	不完全	13, 14	21, 23, 27, 29, 31℃	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31℃		21, 23, 27, 29℃				
1992	K	男	29	C6	不完全	6	21, 23, 29℃	31℃		21, 23, 29℃				
1993	L	男	23	C5	完全	8	31℃			31℃				
1994	M	男	29	C5	完全	17	31℃			31℃				
1994	N	男	27	C5	完全	6	25℃	31℃		25, 31℃				
1994	O	男	45	C5	完全	21	25℃	31℃		25, 31℃				
2004	P	男	43	C5	完全	28		21, 25, 29℃						
2004	Q	男	44	C5	不完全	24		21, 25, 29℃						
2004	R	男	28	C5	完全	5		21, 25, 29℃						
2004	S	男	37	C5	不完全	6		21, 25, 29℃						
2004	T	男	39	C3	完全	18		21, 25, 29℃						
2004	U	男	32	C2	不完全	18		21, 25, 29℃						
2004	V	男	35	C4	不完全	11		21, 25, 29℃						
2008	W	男	37	C7	不完全	1		21, 24, 27℃						
以下の被験者はASHRAEにおける快適温湿度条件に曝露							夏季設定				冬季設定			
							相対湿度57%		相対湿度20%	相対湿度25%	相対湿度80%	相対湿度23%	相対湿度57%	相対湿度30%
1996	X	男	25	C5	完全	3	26℃	27℃	23.5℃	22.5℃	24.5℃	23.5℃	20.5℃	19.5℃
1996	Y	男	25	C6	完全	4								
1996, 97	Z	男	30, 31	C4	不完全	9, 10								
1996, 97	AA	男	24, 25	C6	完全	6, 7								
1997	AB	男	28	C6	不完全	10								
1997	AC	男	26	C7	不完全	10								

A Study on Monitoring of Deep Body Temperature of Cervical Spinal Cord Injuries

Kosei MIKAMI

快適温湿度条件（ASHRAE Standard 55a-95）⁹⁾の頸損者への適用可否検証実験も行っている。これらの実験では1設定温湿度条件に対して被験者を90分間曝露し、その中で生理反応として深部体温の代替値である口腔温を15分間隔、Hardy-Dubois¹⁰⁾による7点（額、上腕、手背、胴、大腿、下腿、足背）の皮膚温を1分間隔、血圧、脈拍及び体重減少量を15分間隔で測定している。なお、血圧及び脈拍については測定を行っていない時期がある。被験者は表1に示すように29名（男性28名、女性1名）の頸損者と、42名（男性33名、女性9名）の大学生及び大学院生（以下学生）である。頸損者の詳細プロフィールを表2、実験の様子の一例を図1に示す。なお、頸損者の被験者の内8名は複数年実験に参加していることから、延べ38名の頸損者のデータが得られている。



図1 実験の様子の一例

3. 分析方法

本研究における分析作業では、前述の人工気候室実験の全データを使用した。学生、頸損者ともに各被験者は90分間の様々な温湿度条件への曝露の中で、0, 15, 30, 45, 60, 75, 90分時に口腔温を測定している。そこで、口腔温と同時刻に測定した各生理指標（7点皮膚温、血圧、脈拍）との相関関係を分析することにより、口腔温以外で深部体温の代替値になり得る生理指標の推測を試みた。なお、本報告ではデータの欠如が殆ど無い皮膚温と口腔温の関係について述べる。本分析では、口腔温との相関係数が0.5以上^{注)}を示した皮膚温を、口腔温との関連性が認められると判断した。

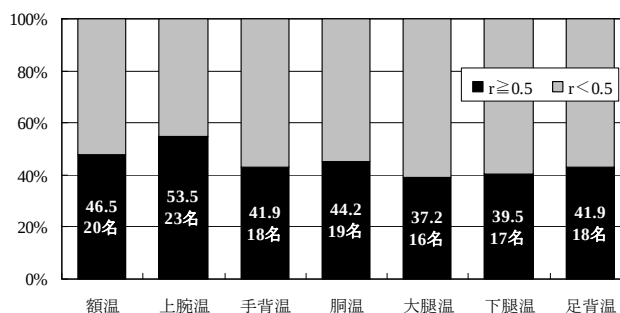


図2 口腔温と各皮膚温との相関係数が0.5以上を示す者の割合（学生42名）

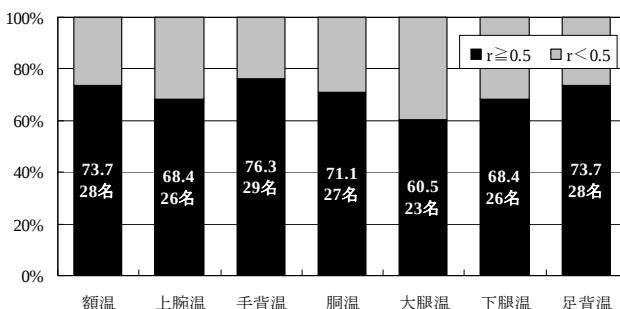


図3 口腔温と各皮膚温との相関係数が0.5以上を示す者の割合（頸損者延べ38名）

4. 分析結果及び考察

口腔温と各皮膚温間との相関係数（以下 r ）が0.5以上を示した者の割合を図2, 3に示す。頸損者はどの皮膚温も r が0.5以上を示した者の割合が、学生に比べ大きかった。これは、図4～7に示すように、頸損者は様々な温湿度条件

に曝露された中で、体温調節障害のために口腔温が比較的大きく変化しているケースが多かったことを示している。また、70%以上の頸損者の額部、胴部及び四肢末梢部（手背、足背部）

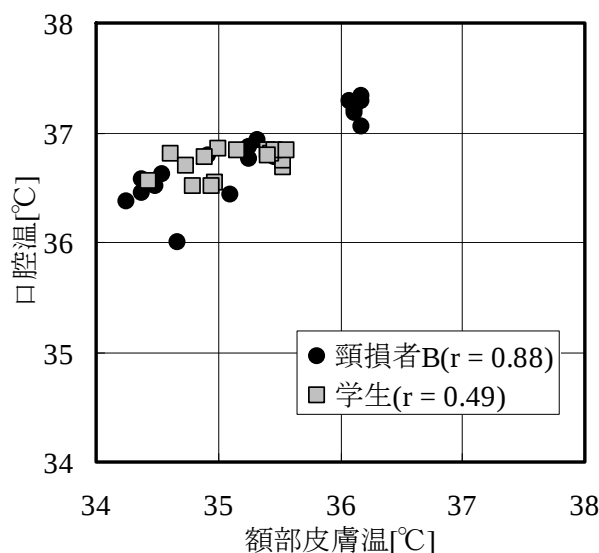


図4 口腔温と額部皮膚温の関係

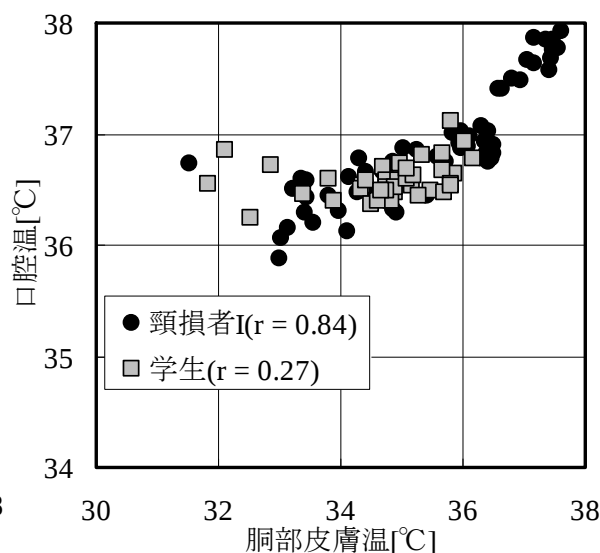


図5 口腔温と胸部皮膚温の関係

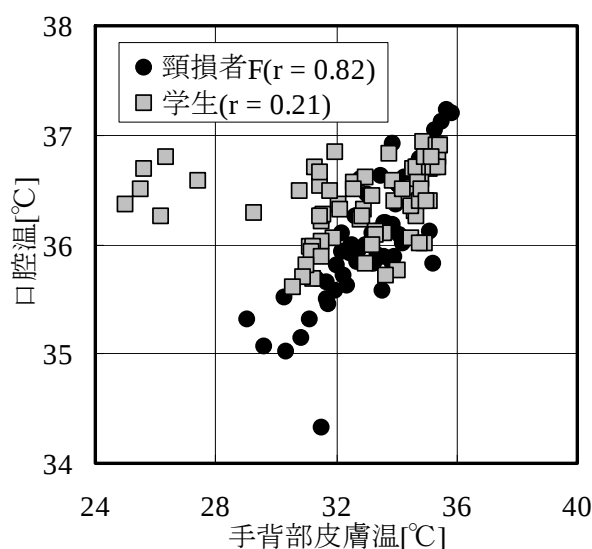


図6 口腔温と手背部皮膚温の関係

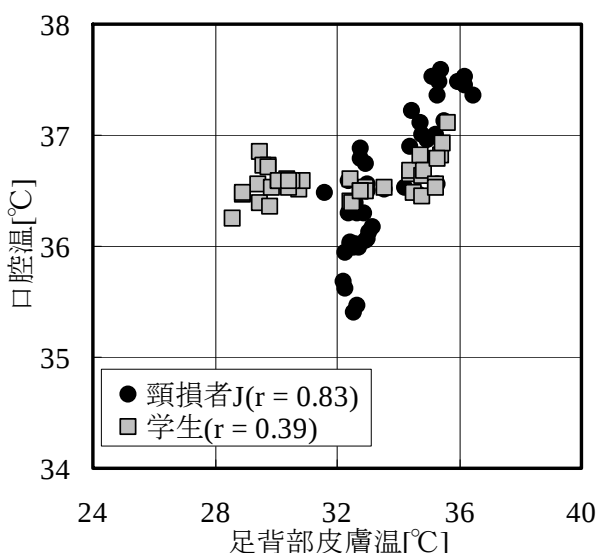


図7 口腔温と足背部皮膚温の関係

皮膚温に口腔温間との関連性が認められた。以下、これらの皮膚温について述べる。

4.1 頸損者の口腔温と額部皮膚温との関係

口腔温と額部皮膚温との関連性が特に強かった頸損者の例を図4に示す。図中には比較対象として学生1名のデータを併せて示す。額部は常に血流分布が大きく、温熱環境条件によって影響されにくい部位と考えられているが¹¹⁾、頸損者の額部皮膚温の変化幅は、学生より大きくなっていた。これは、頸損者は身体広範囲の血管運動機能が麻痺していることから、唯一の健常部である顔面の皮膚温が代償的に乾性熱

放散量を調節する反応を起こしていた可能性がある。ただ、額部皮膚温の変化を加えても口腔温を安定させるまでには至らず、結果として額部皮膚温と口腔温との相関関係が強くなったと思われる。

4.2 頸損者の口腔温と胸部皮膚温との関係

口腔温と胸部皮膚温との関連性が特に強かった頸損者の例を図5に示す。胸部皮膚温も額部皮膚温と同様に、温熱環境条件によって影響されにくいと考えられているが¹²⁾、胸部皮膚温は核心部（体幹内部）の表面温度にあたることから、口腔温との相関関係が強くなった可能性

がある。

4.3 頸損者の口腔温と四肢末梢部皮膚温との関係

口腔温と四肢末梢部皮膚温との関連性が特に強かった頸損者の例を図6, 7に示す。学生は四肢末梢部皮膚温の変化幅が大きく、曝露された温湿度条件に対応して皮膚温を変化させていたことが窺える。一方、頸損者の四肢末梢部皮膚温の変化幅は学生より小さかったことから、血管運動障害のために乾性熱放散量を適切に調節できず、そのために口腔温が上昇或いは下降してしまい、結果として四肢末梢部皮膚温と口腔温との相関関係が強くなったと思われる。

5. まとめ

脊損者の中でも最重度の体温調節障害を持つと考えられている頸損者の口腔温と関連性が強い生理指標を把握することを目的とした検討を、過去の人工気候室実験のデータを基に行った。その結果、額部、胴部、四肢末梢部皮膚温と口腔温との関連性が示唆された。しかし、これらの皮膚温と口腔温との関連性のメカニズムは不明な点が多く、詳細な検討を要する。このことも含め今後は、過去の実験データによる損傷レベル別、麻痺の程度別、受傷後経年別などの集団別検討、さらには実験室内の温度をステップ変化させた場合の口腔温と各生理指標との変化の関係を分析するといった実験的検討も行いう必要がある。今後の長期的な検討の中で、頸損者を含めた脊損者の深部体温の状態と関連性が極めて強い生理指標を特定できれば、それは体温調節障害を持つ脊損者に適した空気調和設備や、体温調節障害を補う機器等を開発する際に有効な設計資料になるものと考ええる。

注) 一般的に相関係数が0.5未満の場合、非常に弱い相関なので「関連がない」と判断することが多い¹³⁾。

【参考文献】

- 1) Guttman L., Silver J., Wyndham C. H.: Thermoregulation in spinal man, *J. Physiol.*, 142, pp.406~419, 1958
- 2) Downey. J.A., J. M. Miller and R. C. Darling : Thermoregulatory responses to deep and superficial cooling in spinal man, *J. Appl. Physiol.*, 27, pp.209~212, 1969
- 3) Downey. J.A., C. E. Huckaba, S. J. Myers, and R. C. Darling : Thermo-regulation in the spinal man, *J. Appl. Physiol.*, 34, pp.790~794, 1973
- 4) 緒方甫：脊髄損傷患者の夏季における放熱障害, 総合リハビリテーション, 1 (8), pp.32~36, 1973
- 5) 緒方甫, 浅山滉：脊髄損傷患者の暑気うつ熱障害に対する人工冷房の影響, 総合リハビリテーション, 2 (10), pp.35~40, 1974
- 6) 緒方甫, 浅山滉, 橋元隆：リハビリテーションにおける治療(5) -脊髄損傷に合併する体温調節障害と対策-, 総合リハビリテーション, 7 (5), pp.393~397, 1979
- 7) 三上功生, 青木和夫, 蜂巢浩生, 武田仁：頸髄損傷者の生理的体温調節反応の特徴, 日本建築学会環境系論文集, 第73巻, 633号, pp.1233~1239, 2008
- 8) 三上功生, 青木和夫, 蜂巢浩生, 武田仁：頸髄損傷者の温熱刺激に対する生理反応の特徴 -中間期安静時の適温-, 人間と生活環境, Vol.14, No.2, pp.47~57, 2007
- 9) ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, Thermal Environmental Human Occupancy
- 10) Hardy, J. D., Dubois, E.F., : The technique of measuring radiation and convection, *J. Nutr.*, 15, pp.461~475, 1938
- 11) 田村照子：裸体健常成人女子の皮膚温分布, お茶の水医学雑誌, 31 (4), pp.225~241, 1983
- 12) 藤正巖：生理機能画像診断 サーモグラフィ, 秀潤社, pp.36~39, 1989
- 13) 菅民郎：アンケートデータの分析, 現代数学社, pp.60~65, 1998