

熊本大学学術リポジトリ

Kumamoto University Repository System

Title	早期死体現象を用いた簡便な死後経過時間推定法に関する研究
Author(s)	本庄, 弘次
Citation	
Issue date	2007-03-14
Type	Thesis or Dissertation
URL	http://hdl.handle.net/2298/8417
Right	

学位論文

Doctor's Thesis

早期死体現象を用いた簡便な

死後経過時間推定法に関する研究

(Studies on Simple Methods to Estimate the Time since Death by Using Early Postmortem Changes)

本庄 弘次

Kohji Honjyo

熊本大学大学院医学教育部博士課程環境社会医学専攻法医学

指導教員

恒成 茂行 教授

熊本大学大学院医学教育部博士課程環境社会医学専攻法医学

2006年度

学 位 論 文

Doctor's Thesis

早期死体現象を用いた簡便な死後経過時間推定法に関する研究

(Studies on Simple Methods to Estimate the Time since Death by Using Early Postmortem Changes)

著 者 名 : 本 庄 弘 次

Kohji Honjyo

指導教員名 : 熊本大学大学院医学教育部博士課程

環境社会医学専攻法医学

恒成 茂行 教授

審査委員名 : 機能病理学担当教授

竹屋 元裕

細胞病理学担当教授

伊藤 隆明

侵襲制御医学担当教授

木下 順弘

病態情報解析学担当教授

安東由喜雄

2006 年度

目次

目次	1
要旨	3
参考論文	5
謝辞	6
第1章 研究の背景と目的	7
第2章 材料と方法	14
1) 研究対象検屍・検案事例	
2) 直腸温測定	
3) その他の早期死体現象（死後変化）の観察とスコアリング	
4) 直腸温を用いた死後経過時間推定	
5) 直腸温とその他の早期死体現象（死後変化）を用いた重回帰分析による死後経過時間推定	
第3章 結果	21
1) 研究対象検屍・検案事例	
2) 死後経過時間に伴う直腸温の変化	
3) 死後経過時間に伴う死後硬直、死斑及び角膜混濁の変化	
4) 直腸温を用いた死後経過時間推定	
5) 直腸温とその他の早期死体現象（死後変化）を用いた重回帰分析による死後経過時間推定	

第4章 考察	29
1) 法医学における死後経過時間推定の意義と重要性	
2) 死後経過時間推定法の歴史	
3) 直腸温を用いた死後経過時間推定法	
4) その他の早期死体現象（死後変化）の推移	
5) 直腸温とその他の早期死体現象（死後変化）を用いた重回帰分析による死 後経過時間推定法	
結語	35
参考文献	37

要 旨

背景と目的：死後経過時間は死因と共に異状死体の検屍・検案の際に確認すべき重要な項目の一つである。死後経過時間を推定するには直腸温を用いたいくつかの推定式が一般に用いられている。一方、直腸温以外の早期死体現象（死後変化）である死後硬直、死斑及び角膜混濁は死後経過時間推定の補助手段として用いられている。本研究では直腸温と直腸温以外の早期死体現象（死後変化）を組み入れた簡便な死後経過時間推定法の考案を試みた。

方法：熊本県警察医会会員の協力を得て、1999年から2003年までの5年間における異状死体の検屍・検案事例の中で、目撃者証言などによって実際の死亡時刻が確認できた212例（男性152、女性60例）を用いた。検屍・検案の現場において、直腸温測定と同時に死体の死後硬直、死斑及び角膜混濁の程度を1から5までのスコアで評価した。得られた212例の直腸温を、我が国において比較的良く利用されている直腸温を用いた5つの死後経過時間推定式あるいはノモグラムを用いて推定死後経過時間を算出した。また、直腸温と共に死後硬直、死斑及び角膜混濁のそれぞれのスコアを加えた4因子を用いた重回帰分析を行い、死後経過時間の推定式を求めた。

結果：直腸温を用いた5つの代表的な推定法を用いた場合における死後経過時間の推定値と実際値との相関係数は0.78～0.82であった。死後硬直、死斑及び角膜混濁の各スコアは死後経過時間に伴って大きくなる傾向を認めたが、スコアには大きなばらつきを認めた。直腸温と死後硬直、死斑及び角膜混濁の各スコアを用いた重回帰分析によって得られた死後経過時間推定式は、推定死後経過時間＝直腸温度×（-0.62）＋死後硬直スコア×1.6＋死斑スコア×1.4＋角膜混濁スコア×1.1＋18.2であり、推定値と実測値の重相関係数は0.89であった。また、全事例の46%は推測値と実測値の誤差が1時間以内、72%が2時間以内、94%が5時間以内であった。

考察：直腸温に加えて、スコア化した直腸温以外の早期死体現象（死後変化）を用いた重回帰分析による死後経過時間推定法は、直腸温のみを用いた方法と比べて相関性がやや上昇した。本法は簡便であり、検屍・検案の現場において異状死体の死後経過時間を推定するに有用なものである。

参考論文

① 関連論文

1編1冊

1. Honjyo, K., Yonemitsu, K., Tsunenari, S.
Estimation of early postmortem intervals by a multiple regression analysis using rectal temperature and non-temperature based postmortem changes.
J. Clinical Forensic Med. 12: 249 - 253, 2005.

② その他の論文

5編5冊

1. 本庄弘次、木林和彦
直腸温による死後経過時間推定法の検討—検屍事例への適用—
法医学の実際と研究 34: 313-317, 1991.
2. 木林和彦、本庄弘次、恒成茂行
硝子片による事故死の2症例
犯罪学雑誌 59: 83-87, 1993.
3. Kibayashi, K., Hamada, K., Honjyo, K., Tsunenari, S.
Differentiation between bruises and putrefactive discolorations of the skin by immunological analysis of glycophorin A.
Forensic Sci. Int. 61: 111-117, 1993.
4. Kibayashi, K., Yonemitsu, K., Honjyo, K., Tsunenari, S.
Accidental decapitation: an unusual injury to a passenger in a vehicle.
Med. Sci. Law 39: 82-84, 1999.
5. Ng'walali, P.M., Muraoka, N., Honjyo, K., Hamada, K., Kibayashi, K., Tsunenari, S.
Medico-legal implications of acute subdural haematoma in boxing.
J. Clinical Forensic Med. 7: 153-155, 2000.

謝 辞

本研究は熊本大学医学部医学研究科法医学講座において恒成茂行教授のご指導の下に作成したが、研究の他に法医学に関して多面に亘ってご指導を賜りました恒成茂行教授並びに米満孝聖助教授を始めとする法医学分野の教室員の皆様方に対して深甚なる謝意を捧げます。

また、研究にご協力下さった熊本県警察医会医科部会の会員各位に対して感謝の意を捧げます。

第1章

研究の背景と目的

我が国において、異状死体の検屍・検案は東京 23 区や大阪市などのごく一部の大都市を除いて、警察医と呼ばれる一般臨床医が担当し、死体の外表検査と警察の捜査情報などを基にして、死者の死因や死後経過時間などの推定が行われている。一方、異状死体のうち殺人事件などの犯罪死体や犯罪の疑いが強い事例は刑事訴訟法に基づく司法解剖や死体解剖保存法に基づく行政（承諾）解剖の何れかによって、法医学の専門家による詳しい解剖検査が実施されることとなる。

異状死体の法医学的検査の中で、死後経過時間の推定は最も重要なものの一つであるが、法医解剖によって必ずしも正確に推定できるものとは限らない。検屍・検案の現場から法医解剖室への死体の移動による環境温度や体位の変化などの影響によって、かえって死後経過時間の推定を困難にする場合もある。従って、異状死体が発見された後、警察医によって比較的速やかに現場で実施される検屍・検案における死後経過時間の推定が極めて重要となる。

早期死体現象である死体の冷却、死後硬直、死斑及び角膜混濁は法医学的には死の確徴として、ヒトの死を医学的に確定するために重要なものであると共に、それらの程度は死後経過時間に伴って変化するので、異状死体の検屍・検案における死後経過時間推定のために極めて有用な情報となる。特に、死体の冷却現象を利用した直腸温測定による死後経過時間推定は温度計 1 本があれば簡便に行えることから最も良く利用されている (Knight, 1988)。

死体の直腸温は外気温とほぼ等しくなるまで死亡の直後から低下し続けるが、一般的に死後 1～2 時間はほとんど低下しなく、続いて死後 10～20 時間くらいまでは比較的急速に直線的に下降し、外気温に近づくと降下速度が緩やかとなる逆 S 字カーブを描いて下降することが知られている (図 1、Marshall and Hoare, 1962)。

CHANGES AFTER DEATH

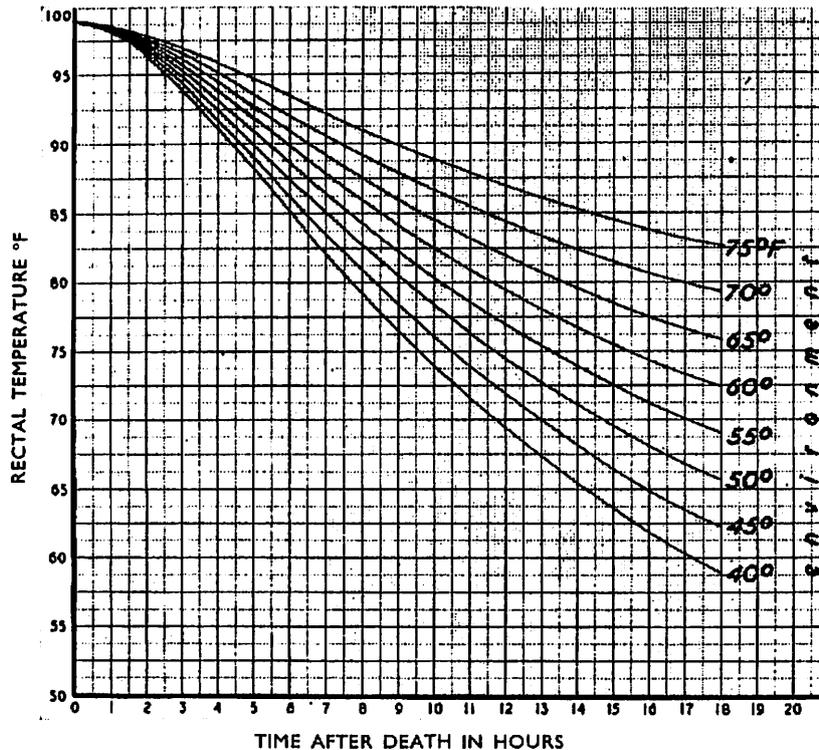


図1 死体における直腸温の降下曲線

(Marshall et al., *J. Forensic Sci.* 7: 56, 1962. より引用)

従って、死後 10～20 時間くらいまで比較的直線的に下降する特徴を利用して、直腸温を用いた死後経過時間推定式がこれまでに数多く報告され、我が国では以下に示した 5 つの方法が良く知られ、実際の異状死体の検屍・検案において利用されている。

1) 簡便法 (Simple method) (Akaishi, 1967)

$$RT \geq 27.0 \quad : \quad PI = 37.0 - RT$$

$$RT < 27.0 \quad : \quad PI = 10.0 + (27.0 - RT) / 0.5$$

$$= 64.0 - 2 \times RT$$

RT(rectal temperature) : 直腸温

PI(postmortem interval) : 死後経過時間

数多くの法医学教科書に紹介されている方法であり、直腸温度が概ね死後10時間までは1℃/h 下降し、10～20時間までは0.5℃/h 下降すると考えて推定する方法である。ただし、外気温を考慮して、季節が春（3～5月）と秋（9～11月）ならばそのまま、夏（6～8月）ならば1.4を乗じ、冬（12～2月）ならば0.7を乗じて補正する。

2) 赤石による Fiddes 変法 (Fiddes-Akaishi method) (Akaishi, 1967)

$$PI = (37.0 - RT) \div 0.83$$

PI(postmortem interval) : 死後経過時間

RT(rectal temperature) : 直腸温

1958年にFiddesらが発表した論文中で Approximate Number of Hours since Death として用いた計算式 (Fiddes and Patten, 1958) を赤石が引用したもので、簡便法と同様に春秋ならばそのまま、夏ならば1.4、冬ならば0.7を乗じて補正する。

3) 玉木らの方法 (Tamaki et al., 1988)

$$PI = -0.926 \times RT + 0.337 \times ET + 32.8$$

PI(postmortem interval) : 死後経過時間

RT(rectal temperature) : 直腸温

ET(environmental temperature) : 環境温

法医解剖例 77 例をもとにして、直腸温と環境温を変数として用いる重回帰分析によって死後経過時間を求める式を考案した。

4) Henssge のノモグラム法 (Henssge, 1988)

Henssge によって考案された方法であり、死体の直腸温、体重、環境温の3つのデータと共に着衣の種類やその湿潤状況などによる補正係数を用いるノモグラム (図2) で死後経過時間を推定する。

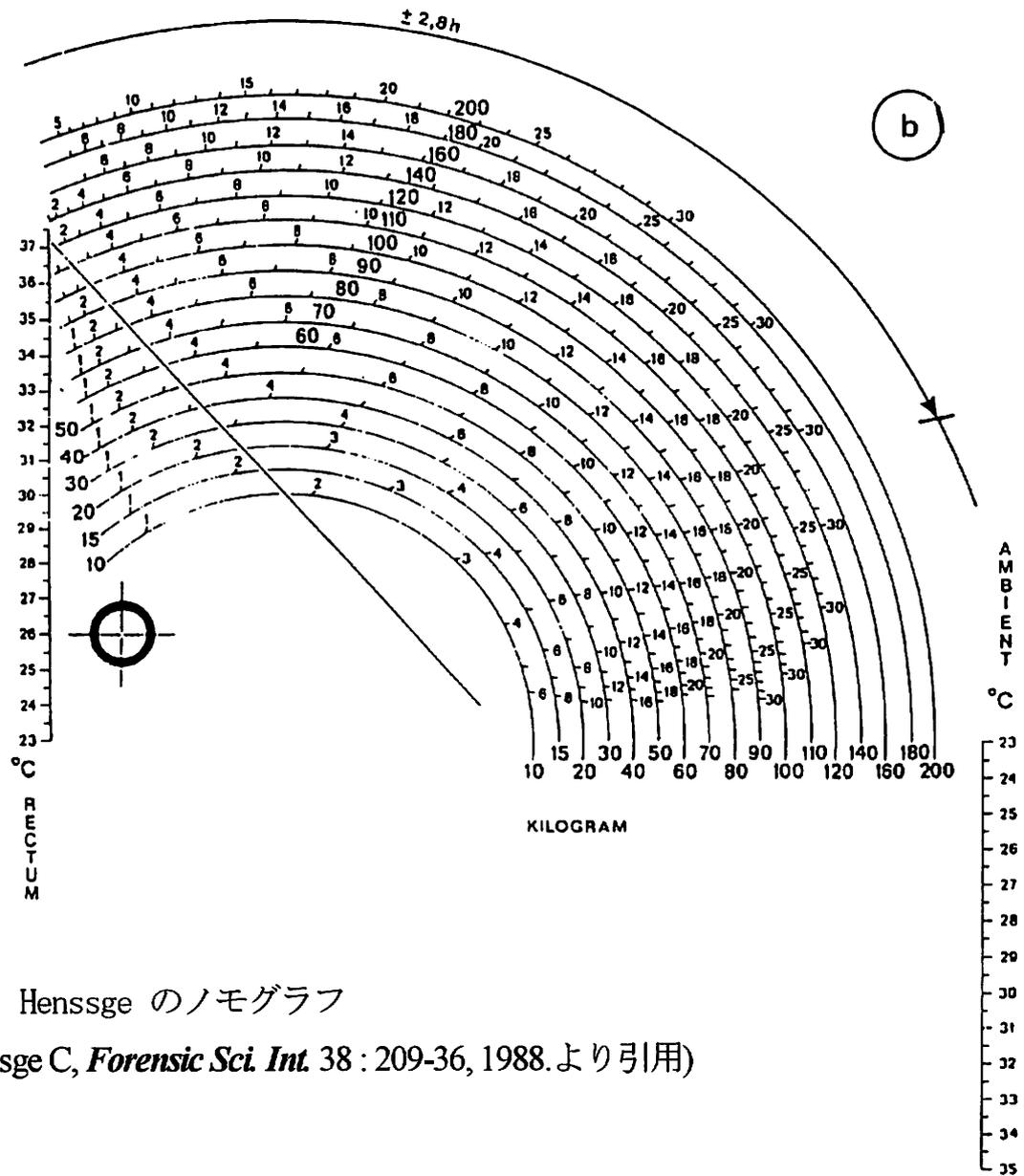


図2 Henssge のノモグラフ

(Henssge C, *Forensic Sci. Int.* 38 : 209-36, 1988.より引用)

ノモグラフによる死後経過時間の求め方

- ① 左右にあるスケールにより直腸温と環境温の2点を直線で結ぶ。
- ② 予め引いてある直線との交点を求める。
- ③ さらに左隅の円の中心よりこの交点に向かって直線を引く。
- ④ 最後にこの直線と体重毎に描かれている同心円との交点上の数値を推定死後経過時間として読みとる。

5) 齊藤・平瀬の方法 (Saito and Hirase, 1953)

法医解剖例 2,778 例について外気温と死後経過時間別に集計した 5 時間毎の体温降下度表 (表 1) を用いて死後経過時間を推定する。たとえば、外気温 13°C で直腸温が 25°C とすれば、外気温と直腸温との差が 12°C であるので、外気温 12.0~14.0°C の欄の降下温度が合計 12°C になるための死後経過時間を計算する。

死後経過時間 5 時間までの降下温は	1.30 × 5 時間 = 6.50°C
同 10 時間までの降下温度は	0.92 × 5 時間 = 4.60°C
さらに同 11 時間までの降下温度	0.66 × 1 時間 = 0.66°C
合計	11 時間 11.76°C

表1 齊藤・平瀬の体温降下表

死後経過時間 外気温	0~5	5~10	10~15	15~20	20~30	30~40	40~	例数
3~5°C	2.00	—	0.95	0.85	0.79	—	0.60	42
6~8	1.81	1.10	0.82	0.77	0.74	0.61	0.48	466
9~11	1.78	1.05	0.78	0.72	0.69	0.58	0.46	347
12~14	1.30	0.92	0.66	0.62	0.58	0.52	0.40	381
15~17	1.17	0.86	0.63	0.57	0.53	0.45	0.39	325
18~20	1.06	0.63	0.55	0.52	0.48	0.39	0.31	389
21~23	0.67	0.52	0.48	0.46	0.42	0.34	0.28	315
24~26	0.57	0.47	0.40	0.37	0.33	0.27	0.16	291
27~	0.51	0.35	0.33	0.31	0.26	0.20	—	222
例数	234	444	572	805	527	116	80	2778

(Saito and Hirase, *Jpn. J. Legal. Med.* 7: 255-256, 1953. より引用)

一方、死体の冷却以外の早期死体現象である死後硬直、死斑及び角膜混濁も死後経過時間に伴って変化するために死後経過時間推定に有用である。

1) 死後硬直

死後硬直は死後における筋肉の収縮である。死後経過時間と共に筋肉は硬くなり、次第に全身の関節を動かすのに抵抗が感じられるようになり、ついにはある姿勢で固定される。硬直した筋肉は一定時間後には緩解する。

2) 死斑

死斑は血液循環停止後に血管内の血液が重力に従って身体下面の毛細血管に沈下、集合して外表に変色が認められるようになる現象であるが、死体の圧迫されている部分には死斑は現れない。死斑は死後2～3時間で明らかに観察できるようになるが、死後の一定期間では指圧などにより移動・消退する。さらに時間が経過すると指圧によっても消退しなくなる。

3) 角膜の混濁

角膜は死後の乾燥やタンパク質の変性などにより半日～1日くらいで霞がかかったように全般的に混濁して、死後1日半から2日くらいで強く混濁して瞳孔を透見することができなくなる。

以上、これらの早期死体現象（死後変化）は死体の冷却と同様に死体や死体の置かれた環境によってその出現あるいは消退の時間には大きな違いが生じる。例えば、数多く出版されている法医学の教科書では、死後硬直のピークは死後2時間後から20時間までの幅があり、また死斑の発生時刻も死後15分後から3時間までのばらつきがある (Knight, 1996, Henssge et al., 1995)。加えて、これらの死後変化の程度に関する所見は検査者によって判断基準が定まらず主観的になりやすい問題もある。従って、死後硬直、死斑あるいは角膜混濁のみで死後経過時間を推定することは一般的に行われず、直腸温による推定の際の補助手段としてもっぱら利用されているのが現状である。

検屍・検案において死因の推定と共に死亡時刻の推定は法医学的に最も重要な検査の一つであり、より正確に推定することが警察医に要求されている。一方、法医学を専門としない一般臨床医である警察医に簡便かつ正確な死後経過時間推定法を提供することも極めて重要である。

本研究では、異状死体の検屍・検案の現場において警察医が利用できる簡便でより信頼できる死後経過時間推定法の確立を目指して、我が国でよく用いられている直腸温度を用いた5つの死後経過時間推定法で死後経過時間の推定を行うと共に、直腸温に加えて、死後硬直、死斑及び角膜混濁を用いた重回帰分析による死後経過時間推定式を考案してその有用性について検討した。

第2章

材料と方法

1) 研究対象検屍事例

熊本県警察医会会員の協力を得て、1999年から2003年までの5年間における異状死体の検屍・検案事例のうちで、遺族などの目撃証言によって実際の死亡時刻が確認できた212例（男性152例、女性60例）を用いた。年齢は18～98歳（平均 59 ± 17.8 歳）、全ての症例は死後24時間以内であり、焼死、溺死、感染症などの体温に異常を招来する死因の事例は含まれていない。

2) 直腸温測定

検屍・検案の現場において、まずガラス製棒状アルコール温度計（外径0.65cm、長さ30cm、アズワン社、大阪）を死体の近くに5分間以上静置して環境温度を測定した。次に、同じ温度計を死体の肛門から直腸内に約15cm挿入して5分間静置して直腸温を測定した。なお、温度計の読みとり精度は0.1℃、測定範囲は0℃から100℃までである。

3) その他の早期死体現象（死後変化）の観察とスコアリング

直腸温測定と同時に死体の死後硬直、死斑及び角膜混濁の程度を観察した。まず、顎、項、肩、肘、腕、手指、股、膝、足趾の死後硬直度の程度を観察して、表2に示した1から5までのスコアで評価した。すなわち、硬直が出現していない場合は1、部分的に出現している場合が2、全関節で出現している場合は3、部分的に緩解している場合は4、完全に緩解している場合は5とした（図3 全関節での強い硬直、スコア3）。次に、死斑を同様に観察して、死斑が出現していない場合は1、死斑が出現して指圧によって容易に消退する場合は2、指圧によって僅かに消退する場合は3及び全く消退しない場合を4とした（図4 指圧による死斑の容易な消退、スコア2）。同様に、角膜の混

濁については、全く混濁が見られない場合は1、僅かに混濁の場合は2、中程度混濁を3、高度な混濁を4とした（図5 角膜混濁、スコア2～4）。

なお、本研究を開始する前に、スコアリングの個人差を最小限にする目的で、研究に協力した熊本県警察医会の会員5名に対して、これらのスコアリングについての講習を行い、周知徹底を図った。

表2 死後硬直、死斑及び角膜混濁のスコアリング

スコア	死後硬直	死斑	角膜混濁
1	出現前	出現前	出現前
2	部分的に出現	指圧で容易に消退	軽度混濁
3	全関節で出現	指圧で僅かに消退	中等度混濁
4	部分的に寛解	指圧で消退しない	強度混濁
5	完全に寛解	—	—

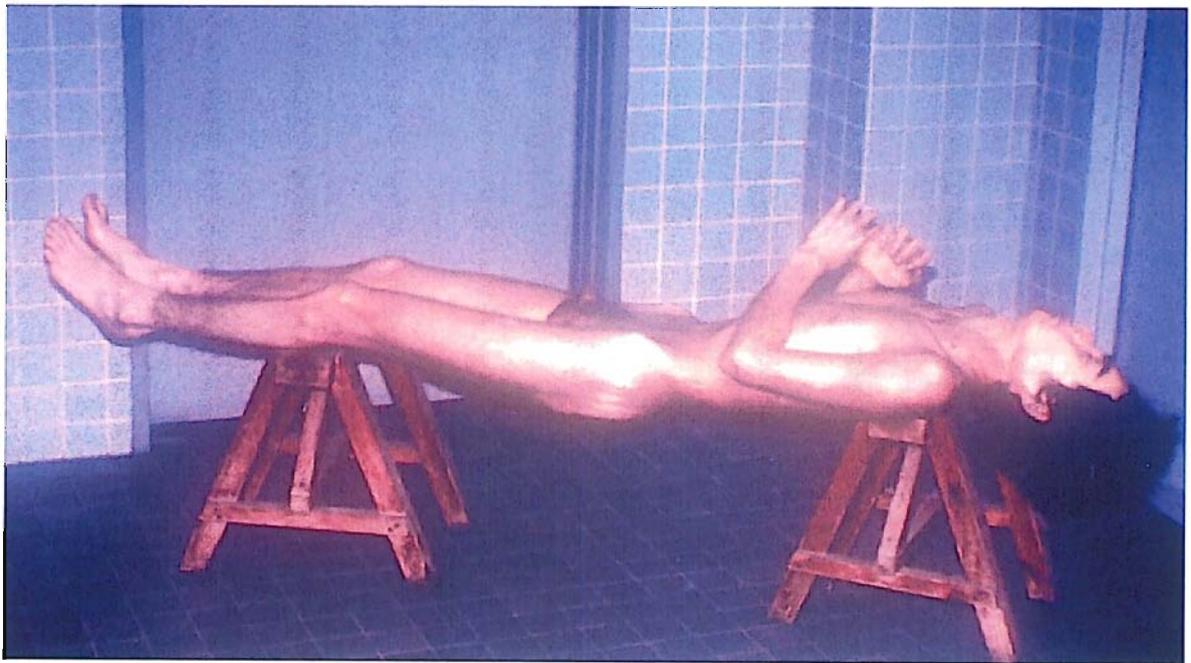
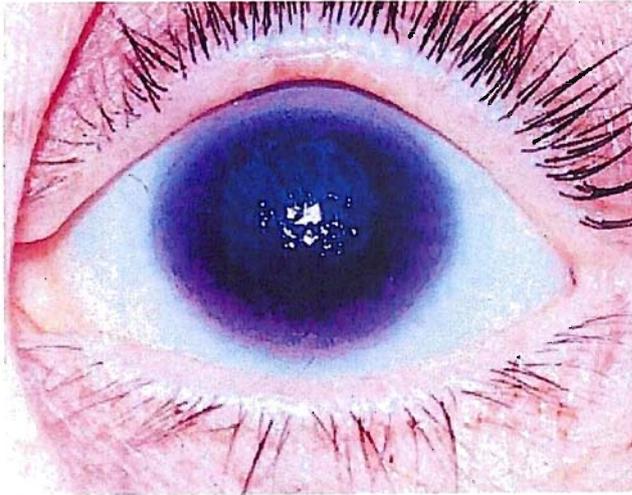


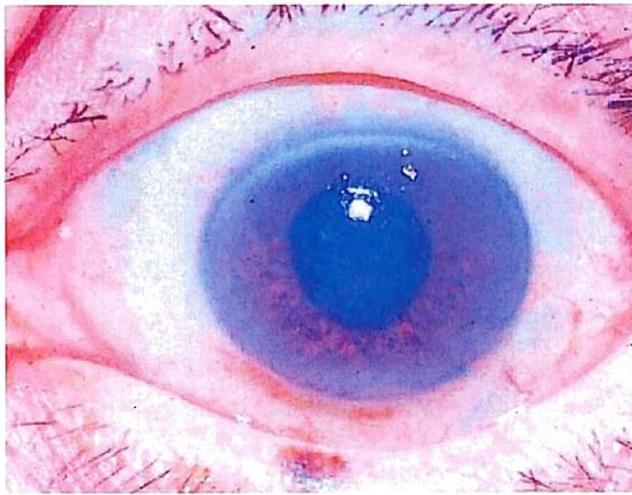
図3 全関節での強い硬直、スコア3



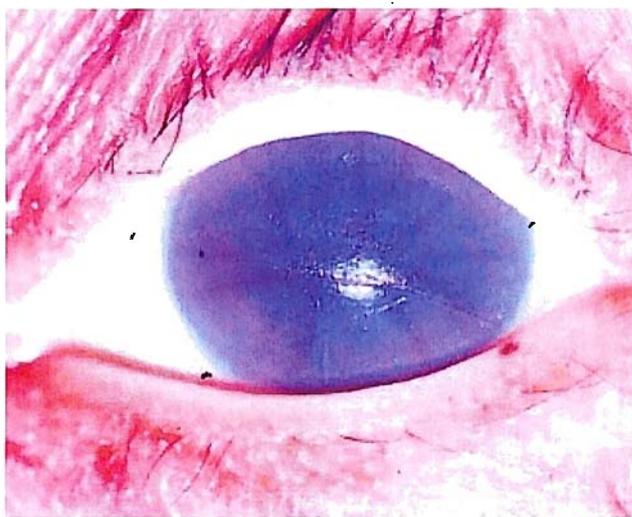
図4 指圧による死斑の容易な消退、スコア2



軽度、スコア2



中等度、スコア3



高度、スコア4

図5 角膜混濁

4) 直腸温を用いた死後経過時間推定

得られた212例の直腸温度を、我が国で良く利用されている以下の5つの死後経過時間推定式あるいはノモグラムを用いて推定死後経過時間を算出した。

(1) 簡便法

$$RT \geq 27.0 \quad : PI = 37.0 - RT$$

$$RT < 27.0 \quad : PI = 10.0 + (27.0 - RT) / 0.5 \\ = 64.0 - 2 \times RT$$

RT(rectal temperature) : 直腸温

PI(postmortem interval) : 死後経過時間

季節が春(3~5月)と秋(9~11月)ならばそのまま、夏(6~8月)ならば1.4を乗じ、冬(12~2月)ならば0.7を乗じて補正した。

(2) 赤石による Fiddes 変法

$$PI = (37.0 - RT) \div 0.83$$

PI(postmortem interval) : 死後経過時間

RT(rectal temperature) : 直腸温

簡便法と同様に春秋ならばそのまま、夏ならば1.4、冬ならば0.7を乗じて補正した。

(3) 玉木法

$$PI = -0.926 \times RT + 0.337 \times ET + 32.8$$

PI(postmortem interval) : 死後経過時間

RT(rectal temperature) : 直腸温

ET(environmental temperature) : 環境温

(4) Henssge のノモグラム法

Henssge のノモグラム(図2)によって直腸温度、環境温度、体重の3つの値を用いて推定死後経過時間を得た。ただし、実際の検屍・検案現場では体重計を用いて体重を測定することは不可能であったので、体重としては目測によって5kg毎の推定体重を用いた。なお、実際のHenssgeのノモグラム法では体重以外の要因として着衣の種類やその湿潤状況などの数多くの要因による補正係数が用いられているが、本研究では推定方法をより簡便にするためにそれらの補正係数は用いなかった。

具体的な死後経過時間の求め方は以下の通りである（図2参照）。

- ① 左右にあるスケールにより直腸温と環境温の2点を直線で結ぶ。
- ② 予め引いてある直線との交点を求める。
- ③ さらに左隅の円の中心よりこの交点に向かって直線を引く。
- ④ 最後にこの直線と体重毎に描かれている同心円との交点上の数値を推定死後経過時間として読みとる。

（5） 齊藤・平瀬法

齊藤・平瀬らが作成した環境温度ごとの直腸温低下表（表1）を用いて、直腸温と環境温の差が0になる時間を計算して推定死後経過時間を得た。

5) 直腸温とその他の早期死体現象（死後変化）を用いた重回帰分析による死後経過時間推定

直腸温と共に死後硬直、死斑及び角膜混濁のそれぞれのスコアを加えた4因子を用いた重回帰分析を行い、死後経過時間の推定式を求めた。

各方法で得られた推定死後経過時間と実際の死後経過時間との単純相関分析を行い、それぞれの方法による相関係数と標準誤差を求めた。統計ソフトウェアはSPSS ver.10.0(SPSS Inc. IL, USA)を用いた。

第3章

結果

1) 研究対象検屍事例

212例の年齢、直腸温度、環境温度及び目測による推定体重のまとめを表3に示した。年齢は18～98歳、直腸温は19.0～36.8℃、環境温度は4.0～31℃であり、推定体重は25～90kgであった。

表3 212事例の概略

	最小	最大	平均±SD
年齢	18	98	59±17.8
直腸温 °C	19.0	36.8	32.6±3.87
環境温度 °C	4.0	31.0	18.9±6.10
推定体重 kg	25	90	57±12

2) 死後経過時間に伴う直腸温の変化

各事例の直腸温と実際の死後経過時間との関係を散布図として図6に示した。直腸温は死後24時間までに20℃前後まで幅広く分布しながら低下していた。

3) 死後経過時間に伴う死後硬直、死斑及び角膜混濁の変化

図7、図8及び図9にそれぞれ死後硬直、死斑及び角膜混濁のスコアの変化を散布図として示した。いずれの死後変化も死後経過時間に伴いスコアは大きくなる傾向にあったが、大きなばらつきが認められた。

死後硬直ではスコア1は死後6時間まで、スコア2は1～12時間、スコア3は2～24時間の幅に認められ、スコアが大きいほど幅広い死後経過時間帯に分布していた。なお、死後経過24時間までにスコア4を示した事例はなかった。

死斑も死後硬直と同様の傾向を示し、スコア1は死後約4時間までに認めら

れ、スコア 2 は 15 分～12 時間、スコア 3 は 2～21 時間、スコア 4 は 2～24 時間の幅広い時間帯に分布していた。

角膜混濁ではスコア 1 は 15 分～18 時間、スコア 2 は 1～24 時間、スコア 3 を示した事例は死後経過時間 10～24 時間の 6 例のみであり、それぞれ死後経過時間の広い範囲に分布していた。

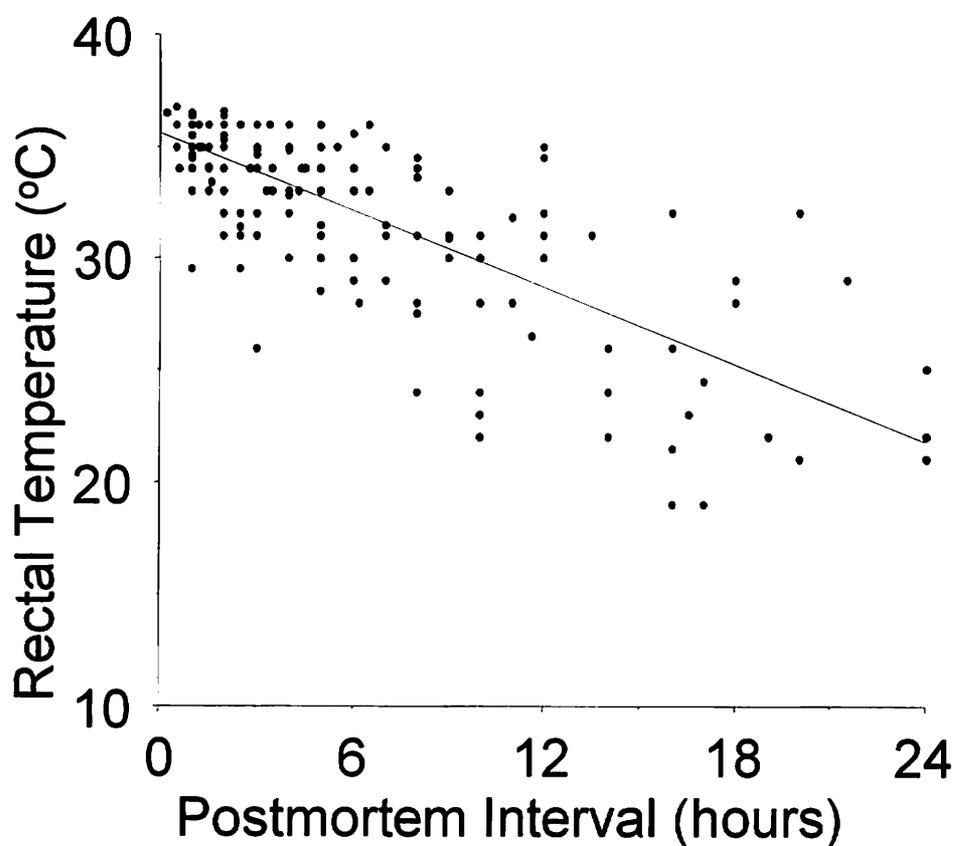


図 6 死後経過時間に伴う直腸温の分布

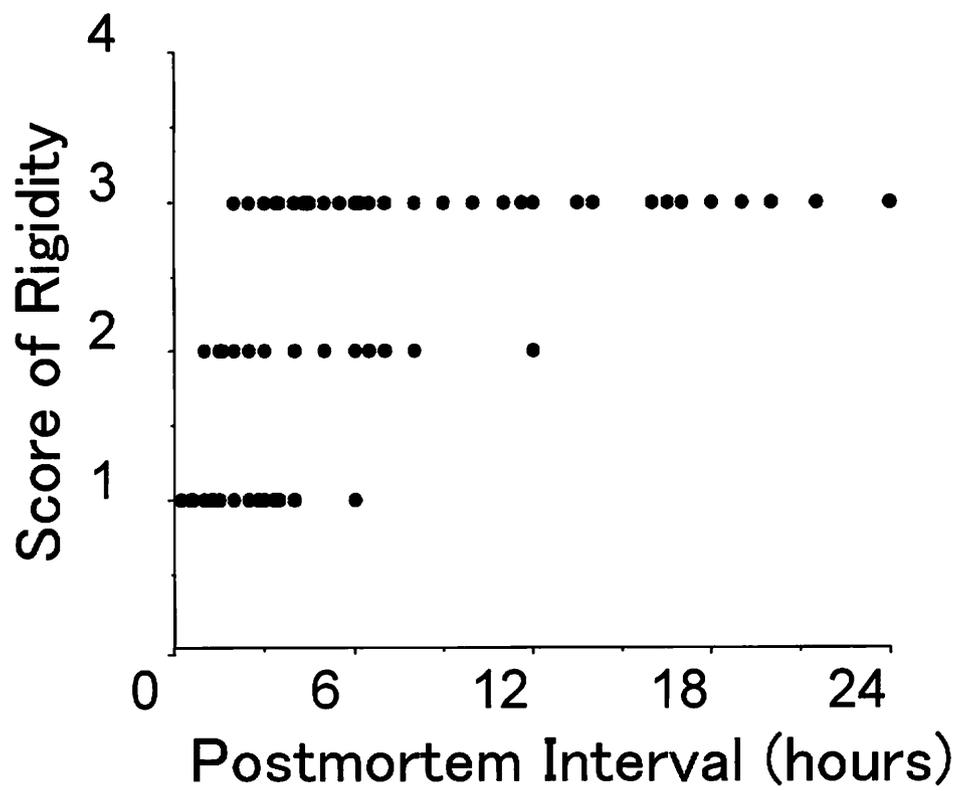


図7 死後硬直のスコア

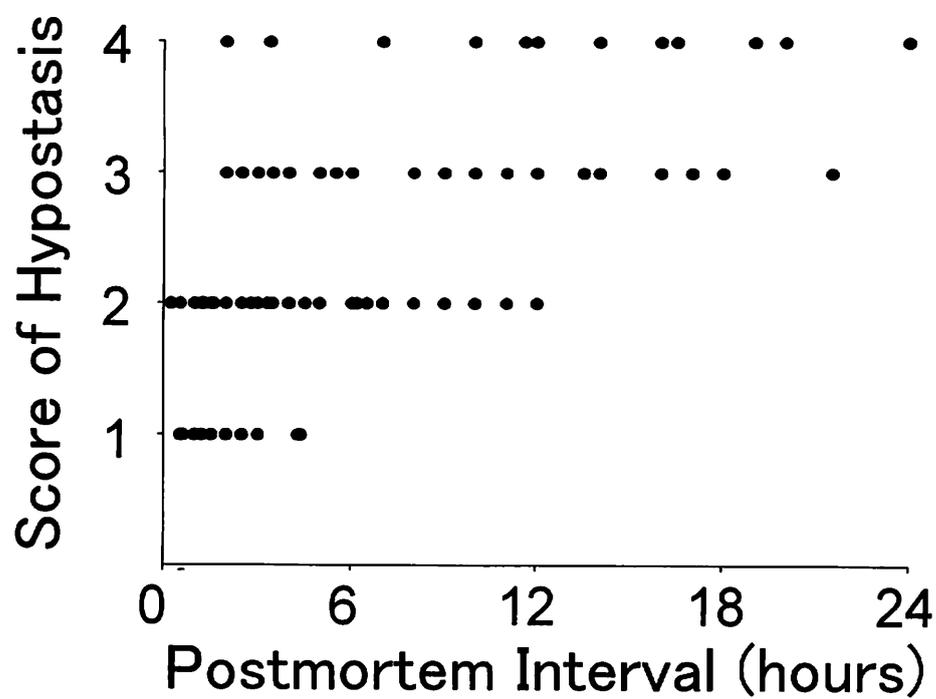


図8 死斑のスコア

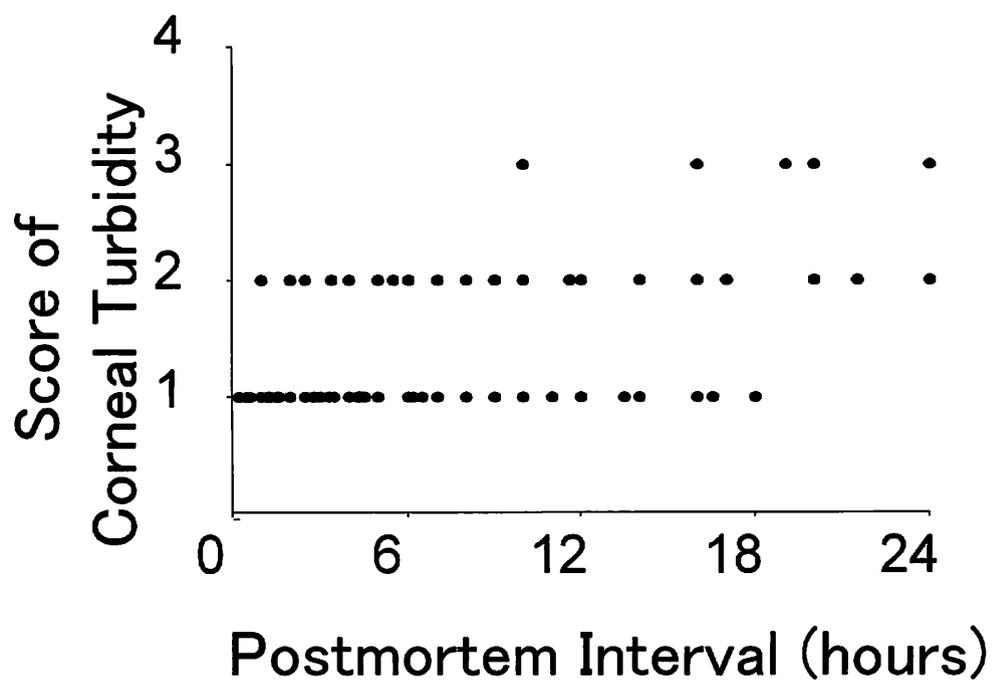


図9 角膜混濁のスコア

4) 直腸温を用いた死後経過時間推定

直腸温を用いた5つの死後経過時間推定法によって求めた推定死後経過時間と実際の死後経過時間との相関係数及び推定値と実際値の差を表4に示した。5つの方法による推定値と実測値の相関係数は簡便法 0.78、赤石による Fiddes 変法 0.81、玉木法 0.78、Henssge 法 0.82、斉藤・平瀬法 0.81 であった。

表4 直腸温を用いた推定法による実際値と推定値間の相関係数と実際値と推定値の誤差

方法	相関係数	実際値と推定値の誤差		平均±SD
		最小	最大	
簡便法	0.78	0	13.5	2.2±2.5
赤石の Fiddes 変法	0.81	0	11.9	2.1±2.3
玉木法	0.78	0.1	9.1	4.4±2.3
Henssge 法	0.82	0	12.0	2.5±2.1
斉藤・平瀬法	0.81	0	12.0	2.1±2.3

5) 直腸温とその他の早期死体現象（死後変化）を用いた重回帰分析による死後経過時間推定

表5に直腸温度と死後硬直、死斑及び角膜混濁のスコアを用いた重回帰分析によって得られた死後経過時間推定式を示した。

推定死後経過時間は以下のように算出した。

$$\begin{aligned}
 \text{推定死後経過時間} &= \text{直腸温度} \times (-0.62) \\
 &+ \text{死後硬直スコア} \times 1.6 \\
 &+ \text{死斑スコア} \times 1.4 \\
 &+ \text{角膜混濁スコア} \times 1.1 \quad + \quad 18.2
 \end{aligned}$$

この推定式によって得られた推定死後経過時間と実際の死後経過時間との相関図を図 10 に示した。推定値と実測値の重相関係数は 0.89 であった。また、全事例の 46% は推定値と実測値の誤差が 1 時間以内、72% が 2 時間以内、94% が 5 時間以内の誤差であった。

表 5 直腸温度と死後硬直、死斑及び角膜混濁のスコアを用いた重回帰分析による死後経過時間推定式

$$Y = \sum X_n A_n + C$$

Y : 推定死後経過時間

X_n : 死後変化のスコア値

A_n : 係数

C : 定数=18.2

	X _n	A _n
直腸温	°C	-0.62
硬直スコア	1, 2, 3, 4, 5	1.6
死斑スコア	1, 2, 3, 4	1.4
角膜混濁スコア	1, 2, 3, 4	1.1

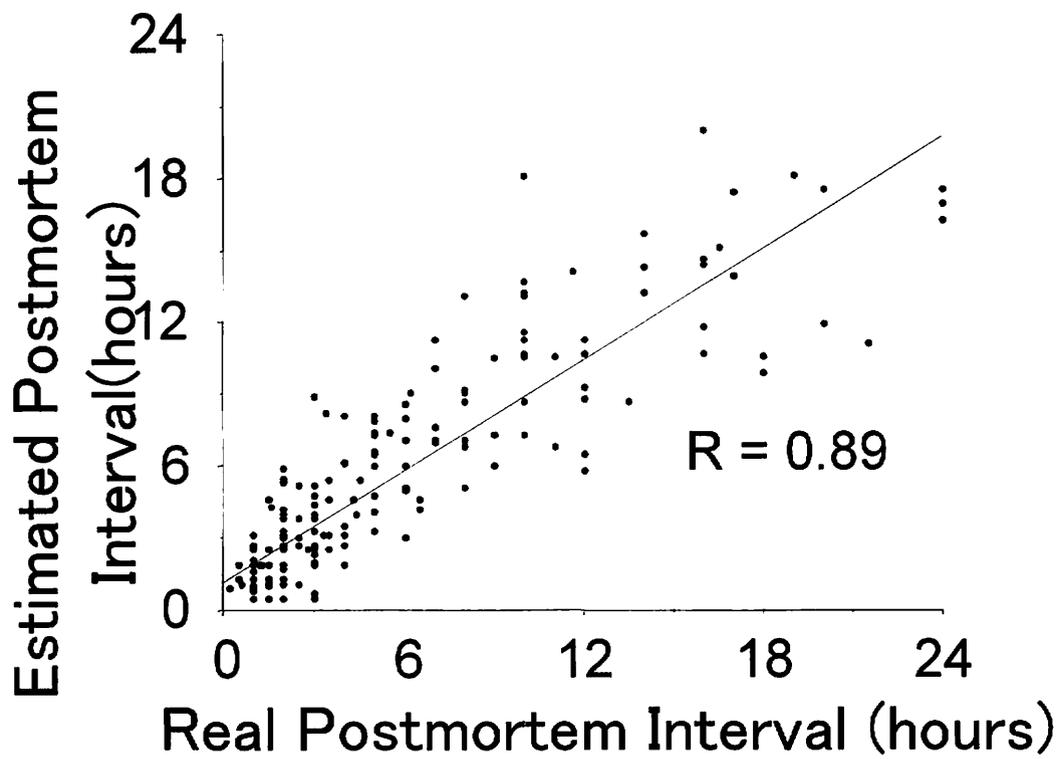


図10 重回帰分析による推定時間と実際時間の相関

第4章

考 察

1) 法医学における死後経過時間推定の意義と重要性

死亡時刻は出生時刻と同等にヒトの一生を締めくくる重要な時刻である。また、遺産相続や保険金、年金あるいは退職金などの算定などにも大きな影響を及ぼすので法律的に重要なものである。例えば、加入1年後にしか支払われない生命保険の場合、死亡時刻の僅かな違いが大きく影響する場合もある。さらに、殺人事件や事故などの被害者の死亡時刻は事件関係者の裏付け捜査などと密接に関連して、事件解決のために極めて重要なものである。

一般的な病死・自然死では医療関係者により死が看取られ、医師によって死亡時刻はほぼ正確に判定されている。しかし、異状死体では死亡の目撃情報が少なく、死亡時刻が不明な事例が多い。従って、死亡時刻の推定、すなわち死後経過時間の推定は法医学の大きな研究テーマの一つとして数多くの研究が行われている (Henssge et al., 2002)。

2) 死後経過時間推定法研究の歴史

死後経過時間推定に関する研究は死後に体内の血液循環が不可逆的に停止したことによって起こるあらゆる変化 (死後変化) のうち、比較的早期に出現する現象 (早期死体現象) を利用したものであり、大きく以下の3つに分類することができる。

1) 死体の冷却

直腸温及び脳や肝臓などの臓器温度の冷却

2) 筋肉・組織の変化

- (1) 肉眼的変化：死後硬直、死斑、角膜混濁、皮膚の乾燥など
- (2) 電気生理学的変化：電気刺激に対する筋肉の反応性の消退
- (3) 薬物に対する反応の変化：アトロピンによる散瞳など

3) 体液中の生化学成分の変化

血液や眼房水中の生化学成分の消長

これらの方法の中には、例えば、眼房水中のカリウムイオン濃度を測定する方法 (Coe, 1989) などのように、特別な技術と機器を必要とするために検屍・検案現場での利用が不可能な方法が数多くある。それに対して、直腸温測定による方法と筋肉・組織の肉眼的変化を利用する方法は簡便に利用できる方法である。特に、直腸温を用いた推定法は温度計さえあれば簡単に測定できることから、最も広く研究され、また実際に利用されている。

3) 直腸温を用いた死後経過時間推定法

死体の冷却に関する医学的研究は 19 世紀半までさかのぼり、当初は直腸温ではなく、腹部の皮膚に温度計を密着させて死体温度が測定されていた (Taylor and Wilkes, 1863)。その当時の研究によって失血死では体温降下が早いことや縊死や窒息では降下が遅いことなどが明らかとされたが、死後経過時間推定には応用されていない。その後、1868 年に Rainy は直腸温の測定を行い死後経過時間推定法に応用し、死後の比較的早い時間に観察される死体温度のプラトーについて記述するとともに死後経過時間推定には複数回の直腸温測定が必要であることを述べている (Rainy, 1868)。それ以来、今回用いた 5 つの方法を含めた数多くの直腸温を用いた死後経過時間推定法が考案されている。

直腸温を用いた推定法は 1 回測定による方法と、時間をおいて複数回測定する方法がある。複数回測定では死体の置かれたそれぞれの環境における体温降下度を測定するために 1 回測定に比べるとその推定精度は理論的には上昇することが期待できる。しかし、特別な事例を除いて、通常検屍・検案現場では複数回の測定を実行することは極めて困難であり、1 回測定による方法を用いて推定することが一般的である。

一方、死体の冷却は以下に示す様に熱の対流、放射、伝導の三大作用に影響を及ぼす数多くの要因によって影響を受ける。

- 1) 周囲の環境：周囲の温度、湿度、気流は死体からの熱放出に大きく影響する。また、室内などではストーブやこたつなどの暖房やクーラーなどの冷房

の有無に注意する必要がある。さらに、水中や土中の死体は空気中の場合より冷却速度は早い。

- 2) 着衣の状況：着衣や布団などが多いほど冷却速度は遅く、雨などによる湿潤状態の場合は早い。
- 3) 体格、性別：肥満している死体では痩せている死体より冷却速度は遅い。皮下脂肪の厚さも影響する。また、一般的に女性より男性が、成人より小児の死体の方が冷却速度は速い。
- 4) 死因：頭部外傷、脳卒中、日射病、熱射病、肺炎、敗血症、その他の熱性疾患、催眠薬中毒、破傷風、ストリキニーネ中毒などでは、死戦期に体温が上昇し、死後も上昇を続けることがある。

従って、直腸温に加えて環境温度や着衣の状況、死体の体重や体格などを細かく観察してそれらのデータを加えればより正確に推定することが期待できる。

今回用いた5つの方法では赤石による Fiddes 変法を除き、全て環境温度を加味した方法であり、また Henssge のノモグラム法はさらに死体の体重を加味したものである。しかし、5つの方法によって得られた推定値と実測値との相関係数は0.8 前後であり大きな相違はなかった。なお、今回の Henssge のノモグラム法では実際の体重ではなく推定体重しか利用できなかったが、推定値と実際値の相関係数は0.82 で最も大きく、体重計が利用できない検屍・検案の現場であっても十分に利用できることが示された。ただし、本来の Henssge のノモグラム法 (Henssge, 1988) は着衣の種類と厚さ、その湿潤状態および死体周囲の風速を加味した補正係数を設定して推定するものであり、それらを用いればさらに相関が高くなる可能性がある。

4) その他の早期死体現象 (死後変化) の推移

死体の冷却以外の早期死体現象である死後硬直、死斑及び角膜混濁は死体の冷却と同様に死後経過時間推定に有用である。ただし、それらの死後変化の出現には大きな幅がある。

報告者によって異なるが、死後硬直の出現は死後 30 分から 7 時間、最強に

なる時間は2時間から20時間の幅がある (Henssge et al., 1995)。また、同様に死斑も15分から3時間で出現しはじめ、3時間～16時間で最強となる。指圧によって消退・移動する期間には1時間～20時間の大きな幅があり、その間で容易に完全に消退・移動する時期は死後2時間から6時間、部分的に消退・移動する時期は4時間～24時間の報告がある (Henssge et al., 1995)。次いで、角膜混濁は死後数時間で出現し始め、半日～1日で全般的に半ば混濁し、1日半～2日で強く混濁して瞳孔を見ることができなくなる (Akaishi, 1967)。

本研究ではそれらの死後変化の程度をスコア化して死後経過時間との関係を明らかにした。その結果、死後硬直については、未出現(スコア1)は死後6時間までに分布し、部分的な出現(スコア2)は1～12時間、全関節での出現(スコア3)は2～24時間に分布し、死後経過時間に伴ってスコアは大きくなる傾向が認められたが、スコアが大きいほど広い死後経過時間幅に分布していた。これらの結果は前記したこれまでの報告とほぼ同様であり、それらを裏付けるものであった。死後硬直は環境温度が高いほど早く出現し、また早く緩解する。また、死亡直前の激しい運動などで体温が上昇している場合も同様である。筋肉の発達の良い人では強く、長く続く。一方、幼弱者や衰弱者、女子では弱く持続も短い。このような数多くの要因によって硬直の出現・進行がそれぞれの死体で異なることが幅広い分布の原因であるが、それらの詳細について今回は検討していない。

死斑も死後硬直と同様の傾向を示し、スコア1は死後約4時間まで、スコア2は15分～12時間、スコア3は2～21時間、スコア4は2～24時間の幅広い範囲に認められた。死斑の出現及び指圧による消退の程度が死後の幅広い範囲で観察される原因としては、死体の血液量や血液の流動性を左右する要因が影響している。特に、急死や窒息死の場合では死体血液の流動性はより強くなるので血管内での移動が容易となって早くかつ強く出現する。

角膜混濁ではスコア1(混濁なし)は15分～18時間、スコア2(軽度混濁)は1～24時間であり、極めて広い死後経過時間の範囲に分布していた。また、スコア3(中程度混濁)は死後経過時間10～24時間の6例のみであり、スコア4の事例はなかった。角膜混濁も環境温度や湿度に大きく左右され冬季よりも夏期のほうが早く出現し、また閉眼より開眼状態のほうが早く出現すると言

われている (Akaishi, 1967)。また、角膜混濁の機序としては角膜中の含水量やムコ多糖類が関与していることなどが報告されているが (Tsunenari and Kanda, 1977)、死後経過時間に伴う角膜混濁の経時的変化については詳しく研究されていない。

以上、死後硬直、死斑及び角膜混濁はいずれも死後経過時間に伴って変動するが、それらを死後経過時間推定に単独で利用することは不可能であり、直腸温による推定後、それらの死後変化が直腸温によって得られた推定値と比べて妥当なものであるかを確認する程度の利用が行われているのみである。

5) 直腸温とその他の早期死体現象 (死後変化) を用いた重回帰分析による死後経過時間推定法

本研究ではこれらの直腸温以外の死後変化を直腸温と同様に死後経過時間推定に用いる試みとして重回帰分析を用いた。その結果、実際と推定の死後経過時間との重相関係数は0.89 となり、直腸温のみを用いた推定よりも僅かではあるが相関性の高い方法として実際の異状死体の検屍に利用できるものであった。

死後経過時間の推定は死体が持っている数多くの情報を用いて詳細に推定することが理想的ではあるが、実務的にはその犯罪性や民事法的な重要性に従ってその方法は異なっているのが現状であり、大部分の異状死体では直腸温のみを用いる簡便な推定法が用いられている。直腸温と直腸温以外の死後変化をスコア化して用いる本法は実際の異状死体の検屍・検案に有用なものである。

一方、死後経過時間をより正確に推定するための研究は数多く行われており、殺人事件などのように死亡時刻が極めて重要な場合には法医学者によって詳しく検討されるべきものである。その中で、Henssge のノモグラム法 (Henssge, 1988) は直腸温、環境温度及び死体体重を測定して補正因子として着衣の状態や風速を加味した優れた方法である。さらに最新の方法として、Henssge らは”compound method”と名づけた推定法を提唱し、Henssge のノモグラム法に加えて死後硬直、死斑、筋肉の機械的刺激に対する反応性、筋肉の電氣的刺激に対する反応性および atropine、tropicamide、acetylcholine に対する瞳孔の反応性を用いる方法を報告している (Henssge et al., 2000)。直腸温以外の死後変化の

うち、死後の筋肉の機械的、化学的、電氣的反応性の変化 (Madea and Henssge, 1990) は特殊な技術と機器が必要であり実際の検屍・検案の現場で誰でもが利用することは不可能である。また、眼房水や脳脊髄液の電解質変化 (Coe, 1989、Madea et al., 1994) なども死後経過時間推定のための有用な情報源ではあるが、同様の理由で実際の検屍・検案への応用は極めて困難である。

今回の研究で得られた死後経過時間推定式は、熊本県下で発生した異状死体のデータを用いて導き出されたものであり、理論的にはデータを得た地域でのみ有効なものである。そのような限界はあるものの、本法は簡便であり、主として警察医によって実施される犯罪性の疑いが少ない検屍・検案において十分に利用できるものである。

第5章

結 語

死体の死後経過時間推定は法医学の重要な研究テーマの一つであり、早期死体現象（死後変化）などを利用してより正確に、且つ、より簡便に推定するための研究が数多く行われてきた。より正確に推定するためには死後経過時間に関連する全ての早期死体現象（死後変化）とそれらに影響を及ぼすと考えられる全ての要因を組み入れた方法が究極の推定法である。現時点における最も正確に推定できる方法としては、Henssge らの“compound method”（Henssge et al., 2000）と思われるが、推定のためには専用機器や特殊な薬物などが必要であり、被疑者不詳の殺人事件などの場合で限られた法医学の専門家のみが利用できるものである。

一方、死後経過時間推定の重要性はそのような刑事事件ばかりでなく、一般警察医が行う異状死体の検屍・検案においても基本的には変わらない。例えば、死亡推定時刻が僅かに数時間早かったために加入から死亡までの期間が1年満たなかったために死亡保険金が支給されないような場合も十分に考えられる。異状死体の検屍・検案を行う検案医（警察医）は法医学の専門家ではないが、作成する死亡診断書（死体検案書）に関する全ての責任を負っている。しかし、警察医にとって Henssge らの“compound method”（Henssge et al., 2000）を用いることは不可能であり、簡便な方法を利用せざるを得ない。

本研究は一般の警察医が簡便に利用できる方法として、従来はそれぞれの警察医が直腸温とは別個の“おおまかな物差し”として利用していた直腸温以外の早期死体現象（死後変化）である死後硬直、死斑及び角膜混濁の程度を組み入れた新しい死後経過時間の推定法を示した。

本研究の成果は一般警察医が行う異状死体の検屍・検案に十分に応用できるものではあるが、さらに正確性を高めた簡便な方法を考案する必要がある。そのための方法としては、本法では使用しなかった、早期死体現象（死後変化）

に影響を及ぼすその他の要因を推定式に組み入れることも必要である。それらの要因としては環境温度、環境湿度、死者の身長、死者の肥満度指標としての腹囲および体容積率などが利用できる可能性がある。

このような研究自体は動物実験でも可能ではあるが、今回の研究のような実際の異状死体（ヒト）を対象とした研究でなければ検屍・検案へは応用できない。今後とも警察医活動を通してこのような研究を地道に継続していかねばならないものである。

参考文献

Akaishi, S., Corneal clouding. In "*Forensic Medicine for Clinical Doctors*" Nankou Do, Tokyo, 26-33, 1967.

Akaishi, S., Cooling of the body. In "*Forensic Medicine for Clinical Doctors*" Nankou Do, Tokyo, 26-33, 1967.

Coe, J. I., Vitreous potassium as a measure of the postmortem interval: an historical review and critical evaluation. *Forensic Sci. Int.* 42: 201-13, 1989.

Fiddes, F. S., Patten, T., A percentage method for representing the fall in body temperature after death. Its use in estimating the time of death with a statement of the theoretical bases of the percentage method. *J. Forensic Med.* 5: 2-15, 1958.

Henssge, C. et al., Development of rigor. In "*The Estimation of the Time Since Death in the Early Postmortem Period*" ed. Knight, B., p240, Arnold, London, 1995.

Henssge, C. et al., Lividity. In "*The Estimation of the Time Since Death in the Early Postmortem Period*" ed. Knight, B., p240-1, Arnold, London, 1995..

Henssge, C. et al., Experiences with a compound method for estimating the time since death. II. Integration of non-temperature-based methods. *Int. J. Legal Med.* 113: 320-331, 1989.

Henssge, C., Knight, B., Krompecher, T., Madea, B., Nokes, L., “*The estimation of the time since death in the early postmortem period*” 2nd ed. Arnold, London, 2002.

Henssge, C., Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram. *Forensic Sci. Int.* 38: 209-236, 1988.

Henssge, C., Estimation of death-time by computing the rectal body cooling under various cooling conditions. *Z. Rechtsmed.* 87: 147-178, 1981.

Honjyo, K., Kibayashi, K., A study on methods of estimating postmortem interval by rectal temperature. *Res. Prac. Forens. Med.* 34: 313-317, 1991.

Knight, B., The evolution of methods for estimating the time of death from body temperature. *Forensic Sci. Int.* 36: 47-55, 1989.

Knight, B., Post-mortem changes of forensic importance. In “*Forensic Pathology*” 2nd ed, Arnold, London, 55-64, 1996.

Madea, B., Henssge, C., Electrical excitability of skeletal muscle postmortem in casework. *Forensic Sci. Int.* 47: 207-227, 1990.

Madea, B., Kaferstein, H., Herrman, N., Sticht, G., Hypoxanthine in vitreous humor and cerebrospinal fluid - marker of postmortem interval and prolonged(vital) hypoxia? *Forensic Sci. Int.* 65: 19-31, 1994.

Mallach, H. J., Zur Frage der Todeszeitbestimmung. *Berl. Med.* 18: 577-582, 1964.

Marshall, T. K. and Hoare, F. E., The rectal cooling after death and its mathematical expression. *J. Forensic Sci.* 7: 56, 1962.

Rainy, H., On the cooling of dead bodies as indicating the length of time since death. *Glasg. Med. J.* 1: 323-30 1868.

Saito. G, Hirase, F., Studies on relationships between postmortem intervals and body cooling. *Jpn. J. Legal Med.* 7: 255-256, 1953.

Taylor, A. and Wilkes, D., On the cooling of the human body after death. *Guy's Hosp. Rep.* 9: 180-211, 1863.

Takatori, T., Cooling of the body. In “*Essentials of Forensic Medicine*”, 2nd ed. Ishiyaku Publishers Inc., Tokyo, 33-35, 1995.

Tamaki, K., Tsutsumi, H., Yada, S., Studies on postmortem intervals by rectal temperatures as an indicator - application to practical cases. *Acta Crim. Japan* 54: 210-216, 1988.

Tanaka, N., Tsunenari, S. et al. eds., Cooling of the body. In “*Forensic Medicine for Medical Students*”, 5th ed., Nanzando, Tokyo, 23 - 24, 2002.

Tsunenari, S. and Kanda, M., The post-mortem changes of corneal turbidity and its water content. *Med. Sci. Law.* 17: 108-11, 1977.