気象変動に対する自律神経系の反応

柏 木 力

気象研究所応用気象研究部
東大医学部 物療内科教室

Study of Autonomic Imbalance at the Meteorological Changes by Multivariate Analysis

By T. Kashiwagi

*Meteorological Research Institute, Tokyo ; Dep't. of Physical Therapy & Internal Medicine,
School of Medicine, Tokyo University*

(Manuscript received 31 October, 1959)

Abstract

Applying factor analyses, one of multivariate analyses, to tests of several biological functions, the author sought for variation of linear transformed variates of tests when cold fronts passed through. From the previous observations on individuals, two independent components were extracted as function units. These and those components exhibited the particular mode of change during front passing as a whole. The 1st component, consisted of body temperature and heart beat interval, reduced markedly on frontal days and increased after front passing. The 2nd component, which was independent to the 1st component and referred to blood pressure, increased gradually at the course of front passing.

Since in this observation each component consisted of at least two characteristics and simultaneous changes of the constituents were amalgamated into one variate, these results bases on the multivariate method seems to explain more precisely the biological regulation mechanism than the results obtained from single characteristic.

The correlation between each component and common meteorological factors was almost negligible. To obtain significant figures between meteorological and biological processes, synthetic characteristic of cold front and other meteorological conditions should be taken into consideration.

1. ま え が き

生体は外部環境の限らない変動に対して独立であることができ、常に自己の内部に安定した恒常的な状態、所謂 Homeostasis を維持し続けてゆることができるといわれる。Homeostasis の実体そのものについては既に他の機会において述べた¹⁾からここではくりかえさない。この意味の適応現象は外部環境の微妙な変動にもよく促応して働らく調節機構を介して達成されるが、その機構としては一般に自律神経系と内分泌系の2つの機能系があげられる。前者は一般に急激な外界の変動に対応して反応し、後者はより緩徐な変動に対応するというよりも寧ろ、自律神経系の急速な反応の

方向と量とを規制すると考えられている²⁾。

外部環境特に気象条件の変動にともなう自律神経系の機能の変動に関する文献は極めて多数に昇るであろうが、恐らくこの両者の関連は、凡そ気象変動と生体変動との関連が気づかれると同時に考察の対象になつたといえる。このことは自律神経系が外界の微妙な変動に対して、よく促応するという点からすれば極めて当然の成行きであろうが、現在までの業績の全ては、自律神経系の内部の神経興奮の衝撃の頻度自体を計測することによつてではなく、その神経衝撃が個々の器官に伝達されて生ずるその器官特有の機能を観測することによつて間接に自律神経系の機能状態を推定することに基づいている。

従つてこの場合、生体内の個々の器官は自律神経系によつて統一的に統制されており、また個々の器官の機能は、寒冷とか暑熱等の一定の外界の変動に基づく刺激に対して、個々の器官の機能が自律神経系の興奮または制止状態に発現するとされる方向の変化を、同時に一様に呈することが前提とされる。たとえば寒冷に対して、皮膚の血管は収縮し、血流量は減少し、同時に血圧が増加するという反応が起るとすれば、それらは何れも自律神経系の機能にとつては、一定の方向に向いた反応であるとされる。

これらの2つの事項を前提として、自律神経系の機能を考えるのが現在の状況であるが、間接的な推定という欠陥を補う意味で、通常はさまざまな多数の末梢効果器官の機能が観察の対象とされる。その一つとして、心理学者である M. A. Wenger が因子分析法を自律神経系の機能の推定に応用したのは、一つのユニークな行き方であると考えられるが、それは多数の測定値を数学的に総合し、その結果から個体の自律神経機能を推測するという行き方である（一般に Wenger 法と呼ばれる）。

著者は過去においてこの方法に対する見解を既に発表した^{3,4)}、次いでこの方法を集団及び個体の連続観察に応用した結果を基礎として、個体の外部環境、特に気象条件の変動に対する自律神経系の反応の態度を捉えたと考える。同時に自律神経系の調節機構の実体を知る上において、2~3の重要な手がかりをえたと信ずるので報告する。

2. 基礎的事項

A. 重心解による成績

Kendall によると⁵⁾、成分分析 (Component Analysis) と因子分析 (Factor Analysis) との若干の相違が指摘されている。しかし何れの場合も最終の目的は変量を少数の因子の組合わせで現わそうとする点で同一であると考えられるから、ここでは特に両者を区別せず、個体空間の中でテスト・ベクトルの含まれる空間を定めるために用いた重心解と、テスト空間の中の個体点からの距離の平方和の最小となる直線を求める最小自乗法による主成分分解を行つたという点だけを区別した。最終の目的というのは、要するに多数の変量の内、独立のものが幾つあるかを調べ、テストの結果の表

示をその少数の独立成分に還元することである。今個体を $w_1, w_2, \dots, w_n$ で表わし、 n は十分大きいものとする。 $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi}$ は、 i 番目の個体の特性値で、 p 箇の変量を考えると一般に x_{ci} は i 番目の個体 w_i について測定した c 番目の特性の実測値とする。 n 人について測定した p 通りの実測値は次の行列の形に配列される：行番号はテスト番号、列番号は個体番号である。

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{p1} & x_{p2} & \dots & x_{pn} \end{bmatrix}$$

これから、 x_k の線型結合式で、 p より多くない m 個の

$$\zeta_k = \sum_{j=1}^p a_{jk} x_{jk} \quad (k=1, 2, \dots, m)$$

でテストが表示できるとして、これを求める。

自律神経系の機能の解析にこの因子分析法を応用した報告例は少なくないが、これらの資料特に東大冲中内科で同一集団を6年間経続して計6回の測定を行つた資料について、重心解による成績を検討した結果は、既に発表した⁴⁾、その要点は凡そ次の通りである、尚これらの文献においては、変量としてほとんどすべての場合次の7種の測定法を使用している、それは

- 1) 手掌皮膚電気抵抗値、2) 前膊皮膚電気抵抗値、3) 舌下温、4) 心搏間隔、5) 最高または最低血圧、6) 最低血圧または脈圧、7) 唾液量
- なおまたこの場合、次の2項が分析の際の予想となつている、すなわち

- 1) 交感神経系と副交感神経系との緊張度は相殺され、その差に相当するものが末梢効果器官に対して有効な緊張度として表われる。

- 2) 1) のように定義された自律神経系の機能は全身に一様に作用する。

上述の資料の分析の検討の結果は2因子まで抽出したとして次の通りである。

- 1) 重心解で解いたままでは、必ずしも第1因子として Wenger の生理的型に一致するものはえられない。

- 2) 重心解では、因子軸の方向は便宜的なテストあるいは個体の含まれる部分空間を張る軸の方向としてえられることを考えて、自由に

座標軸の角変換を行うならば、因子の 2 次元空間内においてそれぞれの変量ベクトルを誤差範囲内で一致するように重ね合わせることができる。しかも次の A, B 2 因子が独立なものとしてえられる、すなわち A 因子は舌下温とこれと逆相関である心搏間隔とによって作られ、B 因子は最低血圧とこれと背反的な脈圧とによって作られる。2 種の皮膚抵抗は心搏間隔とほぼ等しい関係をもつが、なお第 3 因子軸と相関があつて独自の成分をもつ。唾液量には一定の関係が存在しない。

- 3) 従つて上の第 1 の予想はその成立が難しい。解析してえられたところの常に、安定な形で個体空間の 2 次元部分空間内に位置する 2 個の独立な因子は、それぞれ機能単位として考えるべきであり、それらが交感神経系、副交感神経系の 2 系に対応するか否かは別問題として、最近の考え方たとえば Eppinger, Hess に対する Bergmann の批判にもよく合致する。

B. 主成分分解による成績

解法は成書⁵⁾にゆずり、その主な意味は、元来 p 次元のテスト空間内に含まれる n 個の個体点が実は m 次元の部分空間に含まれていると予想して、これらの点からの距離の平方和が最小となる直線を第 1 軸にとり、これと直交する空間内で同じ方針で第 2 軸を定め、以下同様にして m 個の軸を求める ($p \geq m$)。これは p 個のテスト間の相関行列の主軸を求めることに相当する。この固有根を大きさの順に

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$$

とした。跡は

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p = p,$$

λ_i は個体点の第 i 軸方向の成分の分散に相当するから、

$$\lambda_1/p, (\lambda_1 + \lambda_2)/p, (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)/p, \dots$$

を求めることによつて、それぞれ一次元、二次元、三次元、……、の部分空間だけで、全体の点のパラツキ方のどれくらいの割合を説明できるかを知ることができる。

共通度を 1 にとれば、重心解は λ_1 に対する固有ベクトルとして、

$$(1, 1, 1, \dots, 1) \quad (p \text{ 個の } 1)$$

をとつたものに相当し、主成分分解では、これを第 1

近似として収束するまで繰返し法で計算してえた固有ベクトルになる。

図ではテスト軸方向の単位ベクトルと、主軸方向の単位ベクトルの内積すなわち一方のベクトルの他方のベクトルに対する方向余弦を座標として表示している。すなわち第 1 軸、第 2 軸は λ_1, λ_2 に相当する主軸方向で、たとえば最低血圧をあらわす点は、テスト空間で最低血圧をあらわした軸の方向の単位ベクトルの第 1 軸、第 2 軸への正射影を座標としている。別の言葉でいえば、テスト空間で最低血圧の軸の正の方向に 1 だけ離れた点から、主軸 1, 2 の定める平面上に下した垂線の足に相当する点に最低血圧の文字が入れてある。

第 1 図は東大沖内内科の上述のデーターに対してこの方法によつてえた解を示してある (第 1 表、第 2 表、第 1 図)。

第 1 表 主成分分解の相関行列の固有解 (λ) の値

年 度	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	計	全説明率
1951	1.84	1.49	1.09	0.87	5.29	75%
1952	1.66	1.51	1.13	0.89	5.19	74%
1953	1.90	1.66	0.98	0.89	5.43	77%
1954	2.03	1.51	1.24	0.82	5.60	80%
1955	1.83	1.57	1.14	0.85	5.39	77%
1956	1.94	1.46	1.10	0.97	5.47	78%

第 1 図 変量 (1~7) の正規化固有ベクトルの方向 — 6 回の繰返し範囲を示す —

- 1: 皮膚電気抵抗 (手掌)
- 2: 同 上 (前膊)
- 3: 舌 下 温
- 4: 最 低 血 圧
- 5: 脈 圧
- 6: 心 搏 間 隔
- 7: 唾 液 量

第 2 表 各変量の正規化固有ベクトルの値

		1951	1952	1953	1954	1955	1956
第 1 主成分	手 掌 皮 膚 抵 抗	.3128	.3047	.1665	.3859	.4799	.2928
	前 膊 皮 膚 抵 抗	.4781	.2020	.0433	.4226	.3900	.3236
	舌 下 温	-.4895	-.4454	-.2241	-.5084	-.4863	-.2715
	最 低 血 圧	.2923	.4047	.6355	.2424	.2788	.5652
	脈 圧	-.4701	-.5729	-.6868	-.3818	-.3418	-.6100
	心 搏 間 隔	.1859	.4010	.0796	.4403	.4212	.1441
	唾 液 量	-.3051	.1233	.1956	-.1247	.0952	-.1534
第 2 主成分	手 掌 皮 膚 抵 抗	.3706	.3677	.4356	.1814	.1526	.4524
	前 膊 皮 膚 抵 抗	.1104	.3567	.5104	.0414	.0492	.1966
	舌 下 温	-.2463	-.3650	-.4706	-.1869	-.2566	-.4505
	最 低 血 圧	-.6481	-.5689	-.2912	-.6913	-.6430	-.3906
	脈 圧	.4872	.4175	.1269	.5313	.5912	.2518
	心 搏 間 隔	.2230	.3220	.4368	.4065	.3776	.5587
	唾 液 量	-.2869	-.5301	.1911	-.0718	.0537	.1600

その結果、

- 1) 第 1, 第 2 の固有ベクトルの定める 2 次元部分空間において、座標軸の若干の回転を行つと、6 年間の成績は近似解である重心解によるよりもよい一致を示している。
- 2) 前と同じように 2 つのテスト群に対応する直交する 2 因子がここでも認められる。すなわち最低血圧とこれと逆相関の脈圧、舌下温とこれと逆相関の心搏間隔、皮膚抵抗とで定まる 2 因子である。また脈圧は舌下温と若干の関係をもち、しかも心搏間隔とは直交する。
- 3) テスト間の相関行列の固有解 λ の値からすると、 λ_4 まで求めると全分散を説明する割合は最高 80% でそれ程よいとはいえない。
- 4) 以上の変量間の独立性・直交性が実際に実験上確かめられているか否かという点については、たとえば皮膚の残留抵抗は従来の説に反してアドレナリン、アトロピンで影響を受けないといひ⁶⁾、また交感神経系のみの作用を受けるといわれる寒冷昇圧試験と皮膚抵抗とは関係がないというように、実験的事実によつて変量間の独立性、直交性がよく支持されている。
- 5) このような観点から、A の舌下温・心搏間隔の因子が副交感神経緊張度を、B の最低血圧・脈圧因子が交感神経緊張度をあらわすという仮説が一応成立つ可能性が生れた。

6) A, B 両因子が具体的に何と対応してようと、人体を集团的に解察した場合に、これらの生体機能の調節水準の相関性と独立性とによつて、1 つの機能単位が把握される。それによつて個体の特性を機能単位によつてあらわされる 2 次元空間内で位置づけることができると同時に、機能単位と外界の物理的变化との対応が個々の変量を取り上げるよりは、より根源的であると考えられる。

7) 局所性の強い変量は因子軸に一定の傾度をもつてあらわされるであろう。皮膚抵抗のベクトルはそのことを意味すると考えてよい。

C. 20 個の変量の成績の検討

M.A. Wenger は 6 才から 10 才までの学童 62 人を対象として 20 種の機能測定法を行ない、そのデーターについて重心解を行ない、結果として 2 つの主要な因子を抽出し、一因子が自律神経機能を、他の因子が骨格筋の弛緩性を代表し、同時に一つの単独な因子により自律神経系の緊張度があらわされるという点から、Eppinger, Hess の二元拮抗支配の理論を立証したと述べている⁷⁾。著者はこのデーターを改ためて主成分解によつて分析し、変量間の直交性の有無を検討した (第 3 表)。

それによると、固有ベクトルの大きさからは前述の直交性を全面的に認めることは困難であり、20 種の変量は部分的な束を作つてにすぎない。固有値 λ_5 まで求めてみても、それによつて説明さ

第 3 表 Wenger の 20 種の変量の主成分分解

主 成 分 番 号	I	II	III	IV	V
固 有 値 (λ)	3.05	2.41	2.05	1.81	1.63
1. デルモグラフィー潜伏時間	.173	.128	.100	.117	.223
2. 同 上 持続時間	-.056	-.119	.256	-.135	.143
3. 唾 液 量	.188	-.285	.042	-.178	-.116
4. 唾液中固形成分量	-.238	.187	-.131	.201	.231
5. 心 搏 数	.477	-.033	.109	.165	.037
6. 洞 不 整 脈	.417	-.075	.093	.109	.042
7. 視 覚 反 応 時 間	-.214	.068	.367	-.313	.038
8. 体位変換時の手掌電気伝導度の差	-.332	-.217	.127	-.049	.295
9. 弛 緩 時 筋 緊 張 度	-.136	-.018	.159	-.188	.341
10. 落 着 き の 程 度	.100	.167	-.002	-.249	-.384
11. 手 掌 電 気 伝 導 度 (立位)	-.042	.425	-.225	.014	.123
12. 同 上 (座位)	.128	.498	-.248	.020	-.059
13. 前 膊 電 気 伝 導 度	.000	.269	-.017	.010	.162
14. 基 礎 代 謝 量	-.248	-.013	-.140	.209	.152
15. 呼 吸 振 幅 の 分 散	.004	-.100	.201	.469	-.158
16. 呼 吸 数	-.178	.105	-.218	-.410	-.178
17. 最 高 血 圧 の 変 化	-.014	-0.31	.075	-.055	-.373
18. 最 高 血 圧	-.025	-0.32	-.448	-.114	-.041
19. 最 低 血 圧	-.321	-.183	-.207	.252	-.325
20. 脈 圧	.303	-.090	-.235	-.356	.292
21. 年 令	.102	-.313	-.430	.104	.226
分 散 の 説 明 率	14.5%	26.0%	35.8%	44.4%	52.2%

れる変動は全変動に対して約 50% であつて、残差変動として 50% がなお存在する。また $\lambda_1, \lambda_2, \dots$, が 0 と有意に異つているかどうかの吟味もいる。

しかし何れにせよ、因子分析の妙味は、一見相異なるテストの中から、少数の根元的な因子を探し出すことにあるので、単に λ を大きくするだけなら、相関の大きいものだけに限定すればよいであろう。Wenger が個体の全体を支配する Eppinger, Hess 型の自律神経緊張度と考えたものは、主として循環系に関係する第 1 の成分にすぎないようであり、事実それによつて説明される率は 14.6% にすぎない。従つて Wenger のデータは必ずしも充分生体の調節機構一般を解明する資料となることを期待しうる程の結果は示していない。

3. 気象変動に対する自律神経系の反応

自律神経系の気象条件に対する反応のありさまは、最初に述べたように生体と気象変化との関連

が注目されると同時に観察されてきたであろう。特に寒冷、暑熱等の気温条件、高空、高山あるいは潜函における気圧条件等の個々の気象要素との関連はしばしば観察の対象となつた。

しかしこの場合常に作用因として問題になるのは個々の気象要素ではなく、その全的な複合である⁸⁾。たとえば所謂気象病の発現をとつてみても、それは個々の気象要素の変動からは説明されないで、体系的な気象条件の変化が常に問題とされる。生体内部の恒常的な状態、すなわち Homeostasis 維持における重要な担い手である自律神経系の調節過程がこの際注目されたのは極めて自然の成行きである。そのくわしい考察は他の文献⁹⁾にゆずるとして、この場合のとりあげ方は単純な薬物試験の成績に依存しているか¹⁰⁾、併列的なとりあげ方をして、Eppinger, Hess 流の正副交感神経系の図式的な対比を行なうかであつて¹¹⁾、機能単位の反対という考え方は未だみられない。

強いて挙げれば、Kerdö が脈搏数と最低血圧の比 d/p をとり、自律神経係数 $V.I.=100\left(1-\frac{d}{p}\right)$ が温暖前線通過時または通過後増加すると述べているが¹²⁾、理論的基礎に乏しい。

著者は前章基礎的事実に従つて、A, B 両因子を形成する 4 種の変量、すなわち最高・最低血圧、心搏数及び体温（腕窩温）を測定項目として選び、東大物療内科入院の結核患者 8 人につき、1 日 1

回ほぼ同時刻に測定を行ない、100~160 日間連続観測を行なつた。分析に当つては最低血圧、脈圧、心搏数の逆数及び体温に変換した。同一個体の連日の 4 個の測定値から測定法間の相関係数を計算し、計算上の便宜から重心解の変法を用いて、解をえた。同一個体における因子分析の結果は、第 4 表、第 2 図に示す通りである。

この場合にも、A, B 両因子の直交性は基本的には失われていないと考えられる。特に図にみるように番号 1 の個体はほとんど完全に直交性を保っている。この事実にもとづいて、A, B 両因子という独立な機能単位に著目して、その量的変動を観察の目的とした。

すなわち因子 A 及び B の量、すなわち因子得点 F_A 及び F_B を毎日の測定値から導く。近似的にこれらは先の ξ_1, ξ_2 に相当するものである。その計算法は既に述べた¹³⁾。

対象として第 2 図での個体番号 1 を用いた。この個体では両因子の直交性が極めてよく保持されており、集団的に安定な構造と認められた機構を 1 個体の中に保ち、反映していると思われるので、この個体を対象とすることの意義が充分に大きく、また結果の一般性が保証されると思われる。

F_A, F_B を計算するための式は次の通りである。

$$\begin{aligned} F_A &= -0.08607 X + 0.02651 Y - 0.21071 Z \\ &\quad + 0.83469 W \\ F_B &= 0.40944 X - 0.25114 Y + 0.03145 Z \\ &\quad + 0.05870 W \end{aligned}$$

ここで、 X は最低血圧、 Y は脈圧、 Z は体温、 W は心搏間隔の実測値の正規基準化した値である。従つて F_A はほとんど体温と心搏間隔との大きさにより決定され、 F_B は逆に最低血圧と脈圧との変動により左右されることがわかる。

第 4 表 個体における因子負荷量

個体 番号	第 1 因子負荷量				第 2 因子負荷量			
	心搏 間隔	体温	最低 血圧	脈圧	心搏 間隔	体温	最低 血圧	脈圧
1	.57	-.52	.05	-.04	.05	.06	.49	-.49
2	.26	-.46	-.19	-.34	-.44	.05	.44	-.70
3	.55	-.32	-.13	-.40	.15	.12	.46	-.44
4	.81	-.97	-.03	-.16	-.13	.09	.02	-.17
5	.31	-.38	-.04	-.27	.01	-.12	.52	-.61
6	.17	-.38	.04	-.44	.24	.22	.73	-.40
7	.16	-.91	.00	.06	-.14	.04	.01	-.06
8	.27	-.62	-.11	.58	-.07	.11	.49	-.86

第 2 図 同一個体における因子分析

第 5 表 寒冷前線通過時における生体機能単位の変動（時間 N 法）

	通 -4	過 -3	前 -2	当 -1	日 0	通 1	過 2	後 3	4 日
F_A (体温~心搏間隔成分)	-.119	-.164	-.237	-.055	-.284	-.099	-.092	-.133	-.085
F_B (最低血圧~脈圧成分)	-.094	-.094	.664	.007	.042	.035	.123	.084	.044
気 圧 ($x/10+1000$)mb	128.6	141.2	161.2	130.0	107.7	147.3	149.1	140.5	136.3
気 温 $10 x^{\circ}C$	108.7	107.0	108.5	108.9	120.0	107.6	106.2	112.6	116.3
水蒸気張力 $10 x$ mb	105.4	98.5	102.5	112.1	110.7	93.0	102.0	110.1	109.4
風 速 $10 x$ m/s	42.9	40.8	37.1	39.6	38.1	41.5	38.9	37.3	41.9

第 3 図 時 間 N 法

毎日の F_A , F_B の変動をその日の気象条件と対応させ、また気象条件の変動を寒冷前線の通過により整理し、時間 N 法¹⁴⁾により F_A , F_B の値を配列すると、寒冷前線通過前後の F_A , F_B の量的変動が求まる。160 日間の観察期間中、寒冷前線の通過は、印刷天気図により決定し、全体で 46 回であつた (第 5 表, 第 3 図)。また 4 種の気象要素、すなわち気圧、気温、水蒸気張力及び風速の変動と F_A , F_B の変動との関連を求めた (第 4 図, 第

第 4 図 因子負荷量と気圧との関連

第 5 図 因子負荷量と気温との関連

5 図)。同時に F_A , F_B の毎日の変動を相関図に於て無関係に変動するものであるかどうかを確かめたらわし、2 個の独立な機能単位が実際に相互に (第 6 図)。

第 6 図 2 因子の変動の独立性

結果は次の通りである。

- 1) F_A の寒冷前線通過に対する反応は、通過前漸減し、1 日前に急激に増加するが通過当日著しく低下し、通過後急増して安定した高値をとる。この因子は体温と心搏間隔とで合成される量であり、計算式からわかるように、心搏間隔を増大し、同時に体温の低下を来した時には合成された値は増加し、逆に心搏間隔の減少と体温上昇とがある場合は、この値は減少する。従つて寒冷前線の通過前には A 因子は体温上昇と頻脈とが次第に著しくなるように動き、一日前に一時的に著しい体温の降下と心搏間隔の増加とを来すように働かし、当日の急激な体温上昇と頻脈、通過後の時期には一定の高さまでの体温の低下と心搏間隔の増加とを起させる。
- 2) 他方 F_B は通過前から後にかけて漸増する。この因子は最低血圧と脈圧とで構成されていて、脈圧の減少と最低血圧の上昇とを来した時には、合成された値は増加し、最低血圧が低下し、同時に脈圧が増大した時には、その値は減少する。それ故、寒冷前線の通過時、最低血圧を次第に高め、脈圧を次第に小さくするような因子が働く。
- 3) F_A, F_B を同時に観察すると、寒冷前線の通過という要因に対して、その経過において全く無関係に推移しているといえるが、通過の近傍においては、ちょうど相反する方向に変動しているようにみえる。
- 4) 第 6 図にみるように、 F_A, F_B の変動は相互に無関係であり、ここでは相関係数は 0 である。すなわちすべての日を通じて両因子は独立性を保っているといえよう。
- 5) F_A, F_B の値と個々の気象要素との関連はほとんど認められない。強いて挙げれば、第 4 図の気圧と F_B 、第 5 図の気温と F_A との逆相関がうかがわれるが、これとても極く僅かの相関であつて、 F_A, F_B の値の変動を個々の気象要素の変動から説明することは困難である。

以上の結果について、若干の考察を加えると、

- 1) 従来一般にいわれていることは、自律神経系の機能は寒冷前線の通過前には、副交感神経緊張状態、通過後は交感神経緊張状態ということである。著者のえた結果は、自律神経系の緊張状態の意味する内容においては、従来の知見と矛盾しないが、著者の意図する所は、そのような 2 つの系の緊張状態の単なる交替現象に終るのではない。

また従来の個々の機能の併列的な記載を行うのではなくて、機能単位としての独立な 2 因子の系統的な反応をあらわしているのである。

- 2) 両機能単位が相互に独立に変動しているということは、外部環境の変動の中にあつて、Homeostasis の保たれている個体では、少くとも基本的な 2 個の独立な機能単位という構造が常に安定していることを意味している。この場合の自律神経機能の変動は、単に両因子の量的変動のみであり、質的に異質の変動ではない。図の上からいえば、両直交軸上の変動を行うだけであつて、両因子の直交性を破壊するものではない。
- 3) しかしながら、寒冷前線通過という 1 つのストレスに対して、ストレスの加わる近傍において両因子が相反する方向に動いているように思われることについては、一般に動物にアドレナリン静注後徐脈が共軛反応として起ることが知られており、しかもこの共軛反応には一定の閾値のあることも知られており、

寒冷前線の通過というストレスもこの閾値内の効果を及ぼす程度のものであるかも知れない。

- 4) 第2図にみられるように、血圧に関する因子が体温心搏間隔の因子と若干の関連をもつことは、血圧系が体内の熱の産生と相関をもつことを示しているのかも知れない。

なおここにとりあげたのは、4個の変量であるが、渡辺によればメニエール氏病の場合にも2つの独立な因子が分離され、なおかつ他の変量、すなわち瞳孔径、眼裂幅、眼圧、アシユネル反応が体温～心搏間隔の因子と同じ機能単位に含まれることが示されている¹⁵⁾。

4. 考 察

著者は気象変動によつて生体の受けるひずみを調整する過程で重要な役割を果す自律神経系の、寒冷前線の通過に対する反応を、多変量解析によつて一部明らかにしたと考える。

しかし生理学、医学自体の問題としても、自律神経系の機能状態という概念は今日なお極めてあいまいである。極端に言えば果して自律神経系に固有の機能状態が考えられるかどうかとも疑わしくなる。それは間脳や中脳に存在する自律中枢に発する神経衝撃の頻度を以て最も直接的な自律神経機能と考えるとしても、実はその頻度も二次中枢である神経節における神経衝撃伝達物質であるアセチルコリンやノルアドレナリンの局所的な濃度、末梢の個々の効果器官の感受性に左右されるであろう。このように考えればむしろアセチルコリンやノルアドレナリンの神経末端の分泌効率、コリンエステラーゼやモノアミンオキシダーゼのような衝撃伝達物質の分解酵素能などの総合された上での末梢器官の活動性こそが一次的な意義を持つていて、自律中枢に発する衝撃の頻度という概念はこれらの諸要因の従属的な役割を持つにすぎなくなる。神経衝撃の頻度として定義される自律神経の機能状態は、末梢の交感神経については最近その電気的な特性を誘導し記録することに成功したという報告¹⁶⁾があるが、中枢性の衝撃については未だ測定されたことがなく、また外部環境の変化に対してHomeostatisを維持することを目的とする微細な調節のために有効なのは、そうした中

枢性の機能状態ではなくて、末梢の実効器官の活動状態であることを考えると、中枢性の神経衝撃がたとえ測定可能となつたにしても、あまり実際の役には立ちそうにもないであろう。

仮りにこの基本的概念が何等かの形で解決されたとしても、Eppinger, Hessのというような自律神経系の2つの分枝である交感神経系と副交感神経系の二元的、拮抗的支配の説、それがアドレナリン、ピロカルピン、アトロピン等の薬物によつて惹起される体内の状態と一定の対応をもつという理論¹⁷⁾は、何等の実証を経ることなしに導入された概念である。

またG. v. Bergmannが指摘したEppinger, Hessの模型的理論に対する理論¹⁸⁾は、一般に自律神経系の不安定状態を考える点でより現実に近いといえようが、なお未解決の問題が残る。

というのは、Bergmannの考え方は固有の自律神経系の機能を必ずしも重視しておらず、末梢器官の反応態度は自律神経系によつてのみ支配されるのではなく、器官自身及び自律中枢から末梢に到る全自律神経系は体液的に支配され、体液性調節機構を神経性調節機構の上位におき、前者は後者を強く条件づけるものであるとする。

更にまた、自律神経系の支配が全身に一律に行われるのか、あるいはただ局所的のみ行われるのかという点もあいまいである。交感神経系の支配及び副交感神経系に属する迷走神経の支配はほぼ相匹敵する程度に全身的であるといえても、その他の副交感神経系の支配は局在的であるとする考え方が強い¹⁹⁾。そうであるならば、自律神経系の機能のあいまいさは、ますますその度を強め、機能測定の面においても大いなる混乱が生じよう。何れにしても自律神経系の一部の局在的な支配ということは、個体の特性値としての自律神経系の機能状態の統一的な理解をさまたげる。

以上述べた点から自律神経系及びその機能測定法が当面している問題は、

- 1) 自律神経系の機能状態を条件づける要因は単独ではなく、神経衝撃伝達物質の分泌速度、その分布状態及びそれらの物質の分解速度、末梢効果器の感受性が影響を及ぼしている。
- 2) 系全体は、常に諸種の電解質やホルモンを含む体液によつて反応の準備状態を形成され

ていると考えられる²⁰⁾。

3) 調節機構の構造。

4) アセチルコリンという分解速度の早い物質によつて伝達される副交感神経系の全身的な支配の程度。

5) 自律神経系の最良の機能測定法は何のような形のものであるか。換言すれば、全身のすべての器官に分布している自律神経系の機能状態を充分よく反映するためには、何れだけのものを計測対象として取り上げなければならないか。またどのような方法によつて多数の測定値を総合するかという問題。

6) 5) と関連して一個体の自律神経系の機能はどのような形で数量化され、把握されるか、そのような数量化は実際上の目的、使用にたえるかという点。

著者はこのような点から現在あいまいなままに考えられている個体の特性値としての自律神経緊張度という概念が、著者のいう機能単位を以てすればその量として把握することができ、それにもとづいて気象条件の変化に対する反応性の一つの捉え方と結果とを確立したと考える。

なお個々の気象要素と、総合された因子の量との相関が無視しうる程のものであるということは、当然であつて、この場合気象条件の変動の側においても、個々の要素の総合が行われ、それによつて同時に個々のものの独立性の存在の有無を確める必要があると思われる。それによりたとえば気象前線の総合的な量的把握、強度の類別が行われよう。

終りに、東大大島教授の御指導と御校閲、気象研究所応用気象研究部長伊東彊自博士、同室長増山元三郎博士、並びに東大高橋暁正博士の御助言に謝意を表する。また資料の面で御協力を頂いた東大沖中教授に深謝するとともに、計算の便宜を供与された文部省統計数理研究所渋谷政昭氏に感謝する。

要 約

多変量解析の一つである因子分析法を多くの生体機能の測定値に適用して、それらの総合した値の、寒冷前線の通過にともなう変動を求めた。あらかじめ集団観察及び同一個体における長期連続

観察から、7種の生体機能の中から少くとも2箇の独立成分が抽出されることを確め、その各々の成分について変化過程を求めた。

第1の成分は体温と心搏間隔とから構成され、この成分は前線の通過時の一時的な減少と通過後の増加とを示す。これと独立な第2の成分は血圧に関する成分で、この成分は前線の通過の過程に従つて持続的に増加する。

ここでは各々の成分はそれぞれ2箇の実測値を構成成分として含んでおり、その構成の同時的な変化が一定のweightをつけられて線型結合された値の変動として表わされるから、個々の実測値を問題にするよりは遙かに生体の外部環境に対する調節機構の実情に近ずいていると考えられる。同時に実質的な意味において自律神経系の機能に対して、より尤もらしい推定値を与えられたい。

2つの独立な成分の変動と個々の気象要素との相関はほとんど認められない。有意な相関を求めるためには、前線を含めて気象条件の変動の総合的な特性値がやはり考えられなければならないだろう。

文 献

- 1) 柏木力, 増山元三郎, 鳥居敏雄, 1952: 気象医学 病態生理学大系, **3**, 186.
- 2) 柏木力, 1959: 気象現象に対するヒトの反応性について, 天気, **6**, 220.
- 3) 高橋暁正, 柏木力, 1957: 因子分析による現象解析, 日新医学, **44**, 295.
- 4) 高橋暁正, 柏木力, 葛谷信貞ほか, 1959: Wengerの自律神経緊張度測定法における独立な2因子について. 日新医学, **46**, 135.
- 5) Kendall, M. G., 1957: A Course in Multivariate Analysis, 10.
- 6) 沖中重雄 *et al.*, 1959: 皮膚電気抵抗測定法とその応用, 自律神経機能検査法に関する懇談会予稿集, 14.
- 7) Wenger, M. G., 1942: A Study of Physiological Factor. Human Biology, **14**, 69.
- 8) 増山元三郎, 1942: 低気圧の通過と人体の変調, 科学, **12**, 118.
- 9) 柏木力, 増山元三郎, 鳥居敏雄, 1952: *ibid.*
- 10) 小川静男, 1948: 気象の肺結核に及ぼす影響(Ⅲ), 前線通過の患者自律神経系に及ぼす影響, 医学と生物学, **15**, 237.
- 11) Curry, M., 1951: Klimaunterschiede und wetterbedingte Reaktionstypen. Med. Meteorol. Hefte, **5**, 39.

- 12) Kerdö, I., 1958: Eine neue Untersuchungsmethode zur Erfassung der Veränderungen der Vegetativen Reaktionslage unter dem Einfluss Meteorologischer Faktoren, Intern. J. Bioclimatol. & Biometeorol. 2.
- 13) 鳥居敏雄, 高橋暁正, 柏木力, 1952: 肝機能の分析と総合, 最新医学, 7, 138.
- 14) 増山元三郎, 1941: 生物気候学におけるエヌ法について, その一般公式化と誤差判定法, 日本温泉気候学会誌, 6, 439.
- 15) 渡辺勲, 1959: メニエール氏症候群における左右差の問題, 日本耳鼻咽喉科学会第60回総会宿題報告集, 15.
- 16) 入内島十郎, 1959: 自律神経の活動電位について, 医学のあゆみ, 28, 515.
- 17) Eppinger, H. u. Hess, L., 1909: Z. Klin. Med. 67, 345.
- 18) Bergmann, G. v., 1936: Funktionelle Pathologie, 10.
- 19) 滝野増市, 1959: 最新医学, 14, 248.
- 20) 柏木力, 1959: *ibid.*