

交通事故と気象との関係*

高橋浩一郎**

要旨: 交通事故、とくに自動車事故の機構をモデル思考で調べてみると、運転手の速度判断がもっとも重要な因子のようである。事故数の日変化を調べてみると、朝、夕及び午後11時頃の3回極大が現れる傾向があり、年変化を調べてみると12月、8月、3～4月の3回に極大がみられる。つぎに天気や湿度との関係を調べてみると、一般的に悪天の時や湿度の大きい時に事故率は増ようであるが、事故数はこのほか運転台数も関係するので、天気や湿度との関係は複雑である。気圧配置との関係を調べてみると、気圧の谷が近づいているとき事故数が増し北東風の場合は減る傾向がある。

1. 序論

昭和38年11月9日午後9時50分横浜、鶴見間で、貨物列車の脱線に端を発し、上り、下りの国電が二重衝突をし、162名にものぼる死者を出した。この例でもわかるように最近では重大な交通事故が頻発している。これは列車だけでなく、自動車、飛行機、船舶など、あらゆる方面の交通機関に見られるところであり、交通機関の事故に対する関心がいちじるしく大きくなって来ていることは、新聞紙上にもみられるところである。

このように重大な事故が多くなった理由はいろいろあろう。人口増加、経済の発展に伴う交通量の増加、交通機関の高速化が一つの原動力となっており、文明の発達には社会生活に大きな貢献をしているが、同時に大きな災害の原因ともなっているのは周知のとおりである。

しかし、科学は同時に災害の防禦にも貢献すべきであり、防災に関する研究の必要性が痛感されるのは筆者一人だけのことでなく、自動車事故に対する研究も多く出ているようである。たとえば佐々木軍治氏¹⁾の自動車事故に関する一連の研究などその一例である。

ところで、交通事故の機構を考えてみると、これは、なかなか複雑であり、関係する因子も多く、各方面の協力によってはじめて効果のある災害防止の効果があがるのであろう。その一つの条件として気象条件がある。

気象条件が交通事故に関係があることはいうたがいのないところであって、最近ではたとえば佐藤氏²⁾、安田氏³⁾の研究がある。はじめにあげた事故では一見気象条件とは全く無関係のようであるが、全然無関係とは思わ

れない節もある。それはこの日の午後3時10分九州の三池炭鉱で炭塵の大爆発がおこり、400名以上の犠牲者を出している。このような大きな事故が同じ日に、しかもわずか6時間ぐらゐの差で起ることは、特別の理由がないとすると、統計的にはきわめて起りにくことである。かりに、どちらの事故も平均1,000日に1回起る程度とし、10年間に同一日に2回以上起ることがある。確率を求めてみると、0.4%程度しかないのである。また、当日の天気図を調べてみると、早朝寒冷前線が通過し、気圧がのぼり、気温が急降している。そして一般に事故はこのような日に起りやすい傾向がある。

もちろん、気象条件というものは、交通事故の原因としては2次的、3次的のものであるが、気象事業にたずさわるものの1人として、気象条件が交通事故にどのような関係があるかを明らかにしておくことは無意味なことではあるまい。

2. 交通事故のモデル解析

さて、気象と事故との関係に入る前に、交通事故の本質を一つのモデルによって考えてみたい⁴⁾。

いま簡単のため、線上を V なる速度で動いている一つの自動車の問題に限定する第1図のように自動車の前方距離 L なる地点に障害物があり、これに衝突すれば事故になるとする。距離 L は線上の場所と時間の関数と考えた方がより実際に近いと思うが、ここでは便宜上時間だけの関数と考える。



第1図

* Relationship between Traffic Accident and Meteorological Conditions

** K. Takahashi; 長期予報管理官,
—1963年12月20日受理—

この自動車は人間が操縦しており、刻々の L を観測し速度 V を制限して衝突しないようにする。しかし、自動車には慣性があるので、制御には少しく時間がかかる。そして速度の変化は(1)式で与えられるとする。

$$\frac{dv}{dt} = \alpha \{V_s(t-z) - V(t-z)\} \dots\dots\dots(1)$$

上式中 V_s は目標速度であり、距離 L に応じて定めるものとする。次に人間が L を観測し、それに依りて制御に移るにはわずかながら時間がかかる。これを反応時間 Z とする。この値は普通 $0.2 \text{ sec}^{\circ)}$ の桁である。式中の α は自動車の性能によって定まる常数で、これが大きいほど早く制御出来る。

さて、いま自動車が速度 V_0 ではしっていた場合 L なる前方に障害物を認め、ブレーキをかけ止めたとする。この場合の移動距離 S は(1)式より

$$S = \frac{V_0}{\alpha} (1 + \alpha Z) \dots\dots\dots(2)$$

となる。

そこで

$$S > L \text{ あるいは } V_0 > \frac{\alpha L}{1 + \alpha Z} = V_d \dots\dots\dots(3)$$

となるならば衝突をして事故を起すことになる。そこで V_d を危険速度と名付ける。したがって、事故を起さないためには、速度を常に危険速度 V_d より小さくしておかなければならない。

(1)式において目標速度 V_s は自由に決められる量であり、これを適当に定め、事故を起さないようにつとめる。ここでは、 V_s を V_d に比例してとり、その係数 γ は一定と考える。すなわち

$$V_s = \gamma V_d \dots\dots\dots(4)$$

とおく。以上の例定のもとに(1)式をとけば、

$$V(t) = V_0 e^{-\alpha t} + e^{-\alpha t} \int_0^t \alpha \gamma V_d (\xi - \tau) d\xi \dots\dots(5)$$

となり、

$$V(t) > V_d(t) \dots\dots\dots(6)$$

が事故のおこる条件となる。 V_0 は初期の速度である。そこで、 $V_d(t)$ の値を与えれば事故の起るまでの時間が与えられる。しかし、一般に V_d を先験的に与えることは出来ないで、道路特性、交通の混雑などを考慮し、 V_d の値を統計的に与え、事故の起る確率を計算することにする。すなわち V_d の度数分布は正規分布をしており、 V_d は持続性があり、その時間自己相関係数は

$$S(\xi) = e^{-\beta \xi} \dots\dots\dots(7)$$

になっていると仮定する。以上の仮定のもとに計算する

と、ある時刻に衝突をするという確率は、

$$t = \frac{(1-\gamma)}{k} + \left\{ 1 - \frac{2\alpha}{\alpha+\beta} \gamma e^{-\beta^2} + \frac{\alpha \gamma^2}{\alpha+\beta} \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(8)$$

から t を計算し、 t 分布でもとめればよいことになる。すなわち、 t が大きければ事故の起る確率は小さくなる。次に各係数の影響を調べてみよう。ここで k は危険速度 V_d の平均値とその標準偏差との比である。数値例はあとで述べるが、このように考え、いろいろな因子の影響を調べてみるとつぎのようになる。

τ : これは人間の反応時間であり、これが大きくなると t は小さくなるから事故の確率は大きくなる。しかしあとの数値例でみられるようにその影響は、比較的小さい。

α : α が大きいほどすみやかに速度変化が出来ることであり、 α の大きいほど t は小さくなり、事故は少くなる。

β : これは道路特性を表す量で、 β が大きいことは道路の特性の変化が大きいことを示す。そして一般に β が大きくなると t は小さくなり、事故の起る確率は大きくなる。しかし、その影響は比較的小さい。

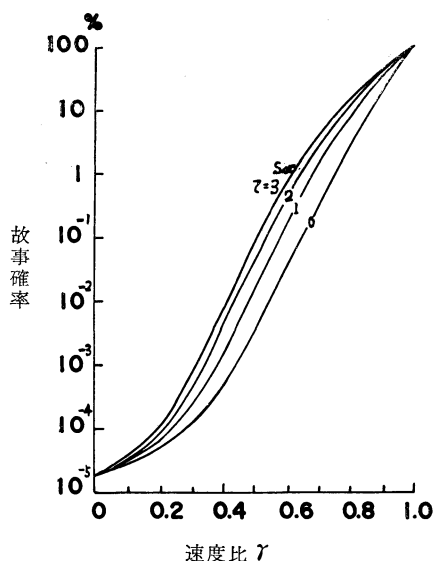
γ : これは目標速度をどれくらいにするかを示す因子で、 γ が大きいということは速度を大きくとることである。この量が大きいと t は小さくなり、事故は多くなる。この値の影響はいちじるしく大きい。

つぎに数値例をあげてみよう。

いま $\alpha = 1/2 \text{ sec}$, $\beta = 1/4 \text{ sec}$ とおき、 $\tau = 0, 1.0, 2.0, 3.0 \text{ sec}$ の場合について速度比 γ と危険率との関係を調べてみると第2図のようになる。

これからわかるように、反応速度の変化による事故確率の変化は少いが、速度比 γ の変化の影響は著しく大きいことがわかる。また、ここには数値例が示してないが、 α , β の影響も案外小さいことがわかる。

この結果は一見不思議であるが、考えてみれば当然である。 α が小さく、自動車の性能がわるく、 β が大きく道路が悪くとも、ゆっくり運動すれば事故にはならない。また反応時間が大きくとも、ゆっくり運動をすれば事故にはならないからである。むしろ問題は γ をどのように選ぶかということである。これは気象との関係をみる時にも要となることである。たとえば霧があると遠くがみえず、したがって τ が大きくなったと同じことになるが、その割には事故数は増加しない。これは速度をおとすからである。そこで、事故が増加するというこ



第2図 速度比と事故確率

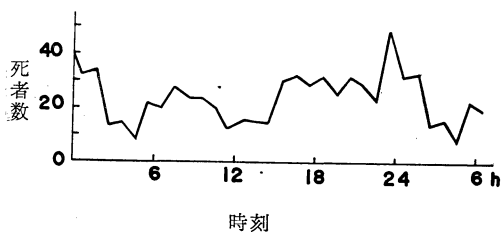
とは、いろいろの事情が複雑に影響し、 γ を大きくするような条件が起るからであるといえそうである。

たとえば、多くの場合疲労、飲酒が事故を起しているのは、このような場合判断力が落ち γ を大きくとり勝ちになるためと解釈出来るように思われる。

3. 事故数の日変化と年変化

つきには、事故の実態を少しく調べてみよう。

まず、事故数の日変化を眺めてみる。第3図は1例として1961年の東京及びその付近の自動車事故を新聞紙より集め、時刻別に死者数を調べてみた結果である。これ

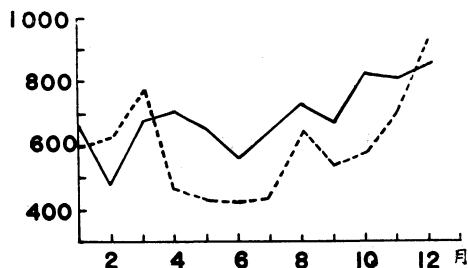


第3図 自動車事故による死者数同変化

をみると、極大が朝、夕と夜半の3回現れている。

このような傾向はほかの資料で調べても出てくるところであり、一般的の性質と思われる。そして朝、夕の極大はおそらく、通勤時の交通量の増加によるものであろう。夜半は一般に交通量が減るので、事故数が減ることが予想されるのであるが、事実は23時頃増加している。これは、主として運転手の疲労によるものと解釈される。

つきには年変化を調べてみよう。第4図は1例として1958年の日本全国の自動車事故による死者数及び東京における交通事故件数の年変化のグラフを示したものである。年変化の様子は、事故の種類により多少違うが、一般的にいって12月、8月、3~4月に極大が現れるよう



第4図 自動車事故数年変化
実線全国死者数 (1958年)
破線東京事故件数 (1958年4月~1959年3月)

である。12月に非常に多くなっているのは、原因が二つ考えられる。一つは12月は年末で交通量が増加するためである。いま一つは気温が低く、気象環境が悪くなるためである。

つきに8月に増加の傾向があるのは、主として気温が高く、湿度も大きいので、気象環境が悪く、運転手に悪影響を与えるためであろう。また、3~4月に多少増加の傾向がみられる。この理由は、はっきりしないが、行楽期で自動車のふえることなどが原因ではなからうか。

これに対し5月とか10月のように気候のよい時に減少しているのは、気象環境が相当に効いていることを示すものように思われる。

4. 天気との関係

つきには天気との関係を調べてみよう。

これを調査する場合問題となることは、事故数が運転台数と、事故率の両方に関係することである。事故数が多いことは簡単に事故を起す危険が多いことを意味しない。たとえば、日降水量別に事故数を調べてみよう。第1表は季節別、日降水量別に東京における日平均死者数を調べたものである。資料は1958年4月より1959年3月までの一年間である。

表中括弧内の数字は標本数である。これをみると冬と春とでは、降水量が増すにしたがい死者数が増加する傾向がはっきりみえるが、降水量のない時に少し増す傾向もみえる。夏と秋とではむしろ降水量が増すと死者は減る傾向がみえる。このようなことは1961年の資料でもい

第1表 日降水量別日平均死者数

日降水量 季節	降水量 なし	0~1.0	1.1~9.9	10.0mm 以上
冬	2.9(47)	2.7(5)	3.8(23)	5.0(4)
春	2.2(34)	1.6(24)	1.8(20)	2.1(9)
夏	2.2(40)	2.5(20)	2.5(17)	1.0(12)
秋	2.8(30)	2.7(25)	2.1(18)	2.0(16)

える。

これは一寸考えると不思議であるが、常識的に考え、晴れた日は外出することも多く、運転台数も増加するためであろう。そうすれば事故を起す機会も増加するはずである。これを入れて補整すれば、やはり常識的に考えられるように、降水量が増加すれば事故率が増加すると見てよいように思われる。同様のことは湿度との関係を調べてもいえる。いま、日平均湿度別に死者数を統計してみると第2表のようになる。

第2表 湿度と事故数(1958年1月~59年3月)

湿度	30	40	50	60	70	80	90% 以上
日平均死者数	1.0	2.4	2.6	3.1	2.4	2.2	2.1
標本数	2	18	47	68	115	72	19

これをみると60%のところ死者数の極大があり、湿度がそれから増しても減少しても死者数は減少する傾向がみえる。

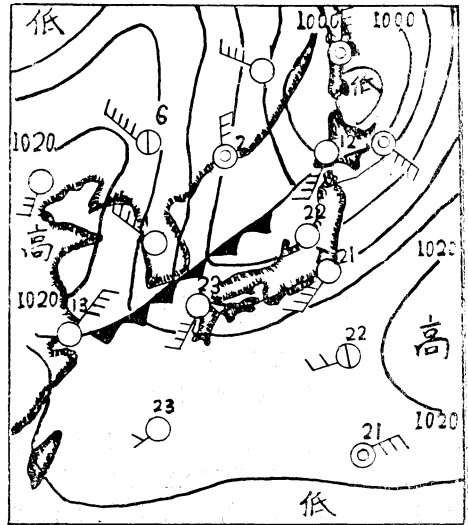
これは一見不思議なことであって工場災害などは湿度が増すと増加するのが原則である。60%以上になると災害が減るのはこれと矛盾するようであるが、これは、天気の場合と同じような理由によるものであろう。すなわち、一般に湿度が減少するのは事故率が減る。しかし、湿度が増すと天気が悪いのが普通であり、そのため運転をする自動車の台数がへり、また、視界も悪くなるので速度が落ち、死者数が減るためではなからうか。

5. 気圧配置と事故との関係

つきには気圧配置との関係を調べてみよう。事故と気圧配置との関係を調べてみると、まず気のつくことは、日本海に低気圧があり、前線が南西に延び、南よりの風が吹いて気温がのぼり、天気が悪くなりつつある時に事故が多らしいことである。たとえば1963年4月1日~2日には事故が非常に多かった。死者数を調べてみると1日には全国で41名、東京で6名、2日には全国で45名、東京で4名となっており、平均に比べ非常に多くな

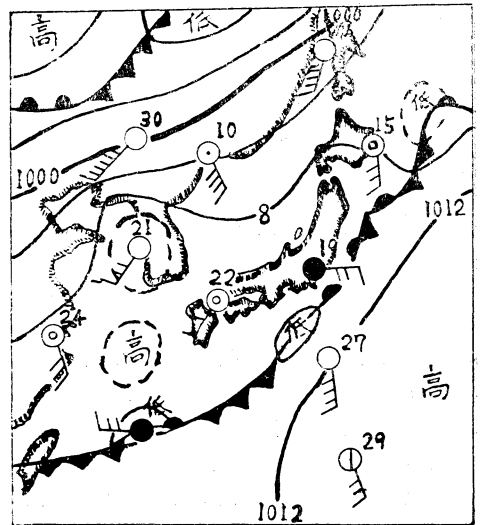
っている。

そして、この時の天気図を調べてみると第5図のようになっている。日本海に低気圧があり、その中心から前線が南に延び、本部は南風が卓越し、気温が平年より5度位高く、なっている。これをも少し客観的にみるため



第5図 1963年4月1日15時天気図

天気図上でみられる気圧の谷の通過日を中心とし、その前後の日の死者数を調べてみた。ここでいう気圧の谷というのは、低気圧の通過等を含み気圧の極少域が通過したという意味である。第3表がその結果であるが、大体



第6図 1962年6月11日15時天気図

の傾向として死者数が気圧の谷の通過する前日、或いは当日増加し、翌日は減少する傾向がはっきりとみえる。

第3表 気圧の谷の通過と事故数(日平均死者数)

調査期間	前々日	前日	当日	翌日	翌々日	標本数
1961年	1.7	2.2	1.7	1.5	2.1	66
1958年4月～ 1959年3月	2.4	2.6	2.6	2.4	2.5	65

つきには反対に事故数の少ない場合を調べてみると、いわゆる北東風型の場合が多いのは興味がある。たとえば1962年6月11日の交通事故による死者数を調べてみると全国で16名、東京では0で非常に少い。

そして、この日の天気図は第6図の如くであって、前線が南東沖にあり、天気が悪い。また、気温も例年より低い。これをもう少し客観的に確かめるため、北東風型の気圧配置の日を抜き出し、その前後の日の東京の死者数

第4表 北東風型気圧配置と事故数(日平均死者数)

調査期間	前々日	前日	当日	翌日	翌々日	標本数
1960年1～6月	1.5	1.8	1.4	0.9	1.4	18
1961年6～12月	1.7	2.0	1.4	1.9	1.7	28

を調べてみたのが第4表である。

明らかに前日は多く、当日は少い傾向がはつきりとでている。これはおそらく天気有余り良くないので、運転台数が減ることと、気温が低めで、気分的に落ちつき、速度を出しすぎないためであろう。

このような結果からみると、確かに気圧配置の違いによって事故の多い場合と少ない場合とがあり、その違いは死者数で30%程度にはなりそうである。

終りにのぞみ、本研究に際しては損害保険料算定金の多大の御援助をえているので感謝の意を表する。

文 献

- 1) 佐々木軍治, 1958: 踏切事故の実態と対策(1), 鉄道科学社, 1958: 交通事故の実態と対策(2), 1960: (3), (4), 1961: (5)自動車技術中部支部
- 2) 佐藤正義, 1958: 交通事故と気象について, 産業気象調査報告, 22, 43-48
- 3) 安田浩, 1962: 交通事故と気象要素の関係, 研究時報, 14, 921-923, 笹田為延, 1959: 気象変動と交通死亡について, 天気, 6, 216
- 4) 高橋浩一郎, 1962: 自動車事故の理論, 経営科学, 5, 175-185
- 5) 坪内和夫, 1961: 人間工学, 日刊工業新聞社

〔新書紹介〕

実地応用のための気象観測技術

大田正次氏・篠原武次氏編著 地人書館発行 A5版 定価950円

気象庁観測課で地上気象観測法ととり組んで多年苦勞された方々が筆を取ったものだけに、観測の仕方は細かい所まで良く書かれている。

観測を始めるにあたっては、その方法や場所等についてよくよく検討する必要がある、これを怠ると切角苦勞した観測結果もその価値を十分に發揮できないことになる恐れがある。これについては、この本では第一章で説明している。

地上の観測については、気象庁で刊行した「地上気象観測法」という本があり、気象庁における観測の指針になっているが、これは専門家のもので、一般人には、簡潔すぎて理解しにくいところもあると思われる。第2章の観測法は、一般の人にも読み易く理解し易いものとなっている。しかし、文体はまだかたく、もっと軟らかくなくてもよいと考えられないでもないが、この点を補う意味で巻末の16頁にわたる「質問と答」は大変すばらし

い。静穏という言葉は何 m/s 以下の時に使うのか、とか、露や霜がとけた氷はどう記録するのか、などという質問を上げ、これにすばり解答を与えている。これらは、気象庁の専門家や、専門の先生方にとっても大変参考になると考えられる。

観測をする以上は、この観測値を活用することを必ず考えているはずで、観測を指導する場合には、当然その利用法も教えねばならないだろう。この本では、第3章をこれにさいており、気候図表のまとめ方、作り方を述べ、また最近よく使われる不快指数の出し方や、河川やダムに流れ込む水量をしらべる時に使われる面積雨量の求め方についても説明している。

巻末付録には、観測の常用表と実例をつけたその用い方、観測関係法規の抜すい、気象台・測候所等の所在一覧表があり、また索引もついている。