雪害指数ならびに人口にもとづく雪害対策経費の表現

中 峠 哲 朗* 水 越 允 治**

要 旨

積雪災害度の地域的差異は、自然条件のみでなく、社会的経済的条件によっても生ずる。今回の報告では双方を併せ考慮することによって、積雪災害度の表現をさらに現実的なものに近づけることを検討した。すなわち、都道府県単位での積雪災害度をあらわす指標として、各都道府県の年間雪害対策経費 M をとるとき、

$$M = \gamma NT$$

なる近似値が成り立つことを推論した。ただし N は各都道府県の人口、 T は前報（中峠1968, 1976）で与えられた自然的条件および除雪条件を考慮した雪害指数、 γ は定数である。この近似式を日本海側の10の道県の資料によって検討したところ、 T の規定方法を前報のものより多少修正すれば、簡単な処理にも拘らず、かなりの近似となることが分った。したがって今後さらに改良を加えれば、いっそう有効な結果の得られることが期待できる。

1. 序

積雪が人間生活に与える障害の程度は種々の要因によって左右される。まず自然的条件としては積雪深を初めとして、雪質、降雪頻度・強度、積雪後の雪の状態の変化などによって災害度は変わるであろう。さらに、積雪の影響を受ける人間の側の社会的・経済的条件によっても、災害の程度は変わってくるに違いない。

筆者の1人は前回の報告（中峠, 1968, 1976）で、自然的条件および除雪作業を考慮した場合における積雪災害度の地域的差異を検討した。今回はこれに人間の側の条件を加えることにより、積雪災害度の表現をいっそう現実的なものに近づける試みとして、各道県の積雪対策経費を検討した結果（中峠・水越, 1976）を報告する。

2. 自然的条件からみた積雪災害度の概要

筆者の1人は、前回には各地における積雪の性質の差異、積雪災害の種類と大きさについて、概略ではあるが定量的に比較し区分することを試みた。すなわち、

(1) 積雪災害指数の導入（中峠, 1968）……統計資料の豊富な気象要素である月平均気温 θ_{av} ($^{\circ}\text{C}$) と月降水量 W (mm) とを用い、交通上の障害を考慮して次の各指数を導入した。まず積雪の有無、性質の差異を概略的に区分する気温指数 P_{θ} を定め、次に各種交通の障害の程度を示す降水量指数 P_W を規定した。これらの指数はそれぞれ次式のように定義される。

$$\begin{aligned} P_{\theta} &= (6.0 - \theta_{av}) / 3.0 \\ P_W &= W / 100 \end{aligned} \quad \} \quad (1)$$

P_{θ} はまた、比較的温暖な積雪地で融雪・凍結が繰返されることで起こる災害や、比較的寒冷な積雪地で降雪がない時でも発生する地吹雪などの災害にも適用できる。他方、 P_W は統計的に日降雪量 30~50 cm の発生回数 n が、月降水量のうち 100 mm を超える量に比例する結果にもとづいて定められた。

さらに、積雪深 H (cm) が主として降・融雪によって定まることを検討した結果、積雪深が大きいため災害に関連する積雪深指数 P_H を次のように規定した。

$$P_H = \frac{1}{800} W (8.5 - 1.05 \theta_{av}) \quad (2)$$

なお一例として、 P_{θ} の示す意味について表1に掲げ

表 1 気温指数 P_{θ} とその意味

θ_{av} ($^{\circ}\text{C}$)	P_{θ}	雨と雪の区分		融雪*	雪吹雪
>6	<0	雨 域	雨のみ	著 大	
6~3	0~1		雨 $\geq$ 雪		
3~0	1~2		雨>雪		
0~-3	2~3	雨雪域		小 微	小 大 著
-3~-6	3~4	雪 域	雨<雪		
<-6	>4		雨 $\leq$ 雪 雪のみ		

* (i)濡れた積雪層、凸凹多く凍結した雪は交通を阻害する。(ii)積雪深が日射地と日蔭地で著るしく異なる。(iii)なだれが多発する。

* 福井大学工学部応用物理学教室

** 三重大学教育学部地理学教室

図3 各県の歳出総額と人口との関係

3. 社会的要因の導入と災害対策経費

前節に導入された雪害指数は、同一社会的要件の各都市がそれぞれ異なった気候条件の下にあるとき、それぞれの災害度を比較して論じたものである。積雪災害の問題は本質的に自然、人文の両条件を総合して論ずる必要があり、一例として積雪による交通災害の場合を報告した(中峠・北川, 1977)。今回も同様な観点に立つのであるが、実際にわれわれが関心を抱く第1の問題は、例えば各都道府県においてどれだけの災害対策を準備することが妥当であるかという点である。もちろんこの問題はきわめて複雑であり、明確な結論を導き難い。しかし経費の絶対額は別として、各都道府県相互の比較については、かなり客観的な議論が可能であると思われるので、その一方法を検討する。また各種資料の入手の難易を考慮して、都道府県単位(ただし北海道については、一部の支庁を単位とする)での問題を比較する。

(1) 社会的要因の代表値

雪害対策に関連して考慮すべき要因はきわめて多いが、社会・経済的要因を導入する最初の試みとして、積雪災害における社会的基本因子として最小限のものを投入することを検討する。

いま社会活動の基礎的因子として、人口・面積の2指標が考えられ、これに経済活動に関連した指標として各都道府県財政支出額を加えることが考えられる。ところで日本海沿岸の都道府県について、人口(総理府統計局, 1975)と普通会計歳出総額(朝日新聞社, '74 民力)との関係を見ると、図3のように十分によい近似で比例関係が認められる。このほかの経済的指標、例えば道府県別の自動車保有台数、事業所数、純生産所得なども同様にほぼ人口に比例する。したがって指数として人口をと

図4 γ , γ^* の P_0 による変化

るならば、経済活動に関する特別な因子を導入する必要はあまりないと結論してよい。

(2) 雪害対策経費

前項の結果を考慮して各県における雪害対策経費を定量的に記述することを試みる。もっとも簡単な近似として社会的因子を1個だけ導入する。したがって面積についてはしばらく留保し、同一気象条件ならば人口に比例して人間活動が行われ、積雪によってそれが阻害される量も人口に比例すると近似してよい。ゆえにそれを復旧するための経費、すなわち雪害対策経費 M も人口 N に比例する。他方、同一社会環境の下では雪害対策経費は、(4)式で与えられた雪害指数 T に比例するから、ある比例定数 γ を用いて、

$$M = \gamma NT \quad (5)$$

の式を仮定しよう。

この近似を検討するために、 $\gamma = M/NT$ を、13地区について算出した。すなわち、 M は1975年度各道県の雪害対策関係支出額、 N は1975年国勢調査結果にもとづく数値である。ただし M については筆者らからの照会に対し回答を寄せられた日本海沿岸の10道県(山口・島根・鳥取・福井・石川・富山・新潟・秋田・青森の9県と北海道)の資料を用い、とくに北海道では渡島・檜山、後志、石狩・空知、留萌の4地域にわけて扱い、青森県は西部の津軽地域のみを対象とした。その他の県は全体を1つの地域として扱った。

得られた γ は一定値でなく、各地域によっていちじるしく異なった値を示した。このような差異が生ずる原因を検討して見たところ、図4に掲げるように、主として P_0 に依存し、 P_0 が大きいほど γ の値の大きいことがわかった。これは寒冷地では1人当たりの除雪対策経費を多く使用することを意味し、したがって(4)式で書かれた T の形式を再検討する必要がある。

いま図4の結果を考慮すれば、(3)式および(4)式中で P_0 についての比例項を自乗項に入れ替えて、次式とすることがよいと思われる。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} S_{\alpha}^* &= kP_0^2 \cdot P_{\alpha} \\ T_{\alpha, \beta} &= (1 - \beta + \beta k P_0^2) \text{Max}(P_W, \alpha P_H) \\ \gamma^* &= M/NT \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

前と同様に $\alpha = \beta = 0.6$ の場合について γ^* を求めた結果を図4に併せて記した。なおこの際、 M として1965, 70, 73, 75, 76の5ヶ年の平均値を用いた。ただし福井、島根両県については1976年を除く4年間の平均値である。図によると、降積雪の少ない瀬戸内海沿岸地域を広く含んでいる山口県を除けば、 γ^* の値の最大値と最小値との比は4程度となり、 γ に比べてかなり一定値に近づく。この表現では誤差が極めて大きいように思われるが、この幅は γ^* の誤差として最大 $\pm 60\%$ で生ずる大きさ（この場合上記の比は $1.6/0.4=4$ ）であり、平均値126、平均誤差 $\pm 47\%$ が得られた。

今回は2節の最初及び3節(1)の最初に述べたように最小限の変数を使用し、(6)式中には気温、月降水量、人口の3つの自由度のみが導入されている。また M, N, T の値についても入手し易いものを便宜的に採用した。これらを考慮すれば、次節に述べる問題が残されてはいないけれども、自然科学的討論を経済的分野に利用する最初の試みとしては、粗い近似式(6)が成立すると考えて、今後その改良を期待してよいであろう。

4. 討 論

前節に示した(6)式の妥当性についていえば、実際には多くの問題が残されている。これに関して2, 3述べよう。

(1) 今回の調査では S, T のかわりに S^*, T^* を用いる方が実態に近い。これは寒冷地では温暖地よりも除雪効率を重要視していることを意味しており、経済的社会的観点で興味がある。理論的に S と S^* とのいずれを用いることが妥当であるかという点については、科学的観点のみでは結論し難い。

(2) もっとも簡単な表式(6)が近似式として用い得ることは、第1にわれわれが当初導入した雪害指数なる定量パラメーターが十分有意義であったことを示す。第

2に積雪対策経費が面積にあまり関係しないことが知られる。ただしこの点に関しては若干検討の余地が残っている。今後さらに吟味を行なう予定である。

(3) 図4にみられる γ^* のばらつきは統計的処理の面からすればやや大きい。その原因として、計算に用いられた諸資料に含まれている変動もしくは誤差の幅が考えられる。 M の場合、5年間の平均値算出に用いた個々の年の値のばらつきは平均値に対しておよそ $\pm 60 \sim 70\%$ の幅を持っており、また各道県によって予算の設定基準に数量化の困難な因子が多く含まれている。次に T の算出に当たって今回は原則として各県支庁所在地の気象データを使用した。これら地点のデータの地域代表性については今後の問題として検討を要する。

以上のような問題点を残している段階で γ^* の値が前記のばらつきに留まったことはむしろ良好な結果である。換言すれば、(6)式の結果を参照して今後この方面の討論に必要なデータの処理法を検討すれば、一層有効な結果が期待される。たとえば(6)式中に N が現われる点から、 T を求めるとき各県支庁都市での気象データを用いた今回の計算は粗い近似としてのみ容認される。

(4) 今回はなお誤差の大きい段階であるが、重要なものから順次系統づけを行なうという観点に立つて、たとえば、(1), (2)のような問題を見出すことが出来た。誤差の観点からみて、予算支出の現状に数値を合せることを主要な目的にするならば、多くの情報を導入して電子計算機処理を試みる事が出来、とくに今回のように地域数が少ない場合には計算機処理は極めて容易である。

しかし計算機で数値を適合させたとしても、それに使用した計算表式が正しいか否かは別個の問題である点を十分注意する必要がある。特に予算支出の問題が誤差数%で解答され得る、あるいはされるべきであると考えerことは無意味である点を強調しよう。

換言すれば、今回提出した数式的表現はそれ自体で完成したものを目的とするのではなく、むしろわれわれが積雪災害にいかに対処するかを考える方法と、それに誤りがないかを検討する一例を示したものである。

5. 結 語

各地における積雪災害を定量的に論ずる一方法として、前報では自然的条件を考慮して月平均気温 θ_{av} と月降水量 W より災害対策度 Q を定義し、また除雪作業を考慮した災害度 R, S を定め、これらを組合わせて雪害指数 T を導入した。しかし積雪災害度の地域的差異は社会的経済的条件によっても生ずる。したがって今回は自然的条件に社会的経済的条件を加え、積雪災害度の

表現をさらに現実的なものに近づけることを検討した。まず社会的経済的条件をあらわす指標を検討した結果、各都道府県別の人口の代表性が高いことを知った。よって各都道府県の年間雪害対策経費 M をとるとき、

$$M = \gamma NT$$

なる近似式が成立つことを推論した。ただし N は各都道府県の人口、 T は前報 (中峠, 1968, 1976) で与えられた自然的条件および除雪条件を考慮した雪害指数、 γ は定数である。この近似を日本海側の10の道県の資料によって検討したところ、 T の規定法を前報のものより多少修正し、(6) 式で与えられる T^* を用いて、

$$M = \gamma^* NT^*$$

と表わすことによってかなり実情に近くなることを見出した。もちろん今回使用した変数は3つだけであるから実用的討論の段階ではない。しかしこれによってわれわれの提案した雪害指数が十分有意義であること、また雪害対策経費の面積依存性があまり大きくないことなど、興味深い結果が得られた。なお S 、 T と S^* 、 T^* のいずれを用いることが妥当であるかは社会的経済的問題とも関連するので、議論は保留した。

終りに当たって、資料の収集に種々ご配慮をいただいた関係各道府県の担当官各位に厚く御礼申上げる次第である。

文 献

- 中峠哲朗, 1968: 積雪災害度の気候学的表示, 農業土木学会論文集, (23), 9-18.
 中峠哲朗, 1976: 除雪を考慮した積雪災害度の改良, 雪氷, 38, (2), 25-29.
 中峠哲朗・水越允治, 1976: 積雪災害度と除雪対策経費, 自然科学中部地区シンポジウム (金沢大学) 予稿集.
 中峠哲朗・北川 茂, 1977: 昭和51・52年豪雪による災害の強さを指数評価する試み, 昭和51・52年豪雪による交通災害の総合的研究報告 (研究代表者 中峠哲朗), 昭和51年度文部省科学研究費特別研究 (自然災害), 112-124.
 総理府統計局, 1975: 昭和50年国勢調査, 全国都道府県市区町村別人口概数.
 朝日新聞社, 1974: '74民力.

A New Snow-Disaster-Population Index and Snow-Disaster Expenditures

Tetsuro NAKATAO

(Department of Applied Physics, Faculty of Engineering, Fukui University, Fukui Fukui-ken)

Mitsuharu MIZUKOSHI

(Department of Geography, Faculty of Education, Mie University, Tsu Mie-Ken)

A new quantitative snow-cover-disaster index T obtained by considering of the circumstances of snow cover and snow cover removal, has already been introduced and developed by Nakatao authors. This paper reports regional difference in snow-disaster expenditure M which depends not only on natural condition as defined by T but also on human activity N . Hence, $M = \gamma NT$, with γ as a constant and N the population as a representative index of human activities such as the number of establishments and the net regional product.

The practical value of M , N , and T , seems to fit well with this analysis if the definition of T is somewhat modified from that in the previous paper. Therefore, it appears that snowcover-disaster can be represented quantitatively in terms of natural circumstances and human activity.

(1977年7月5日受理, 9月10日改稿受理)